Aus dem Institut für Arbeitsmedizin der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. H. Weichardt

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG ZWEIER SYSTEME ZUR AUFZEICHNUNG UND AUTOMATISCHEN, ZEITGERAFFTEN ANALYSE VON LANGZEIT–EKG–AUFNAHMEN

Eine experimentelle Studie mit dem Memoport - System Hellige und dem Medilog - System Oxford

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Theoretische Medizin
der Eberhard–Karls–Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

HANS - JÜRGEN MICHAEL LEITL
aus Kolbingen

1978

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. H. Weichardt

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG ZWEIER SYSTEME ZUR AUFZEICHNUNG UND AUTOMATISCHEN, ZEITGERAFFTEN ANALYSE VON LANGZEIT–EKG–AUFNAHMEN

Eine experimentelle Studie mit dem Memoport - System Hellige und dem Medilog - System Oxford

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Theoretische Medizin
der Eberhard–Karls–Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
HANS - JÜRGEN MICHAEL LEITL
aus Kolbingen

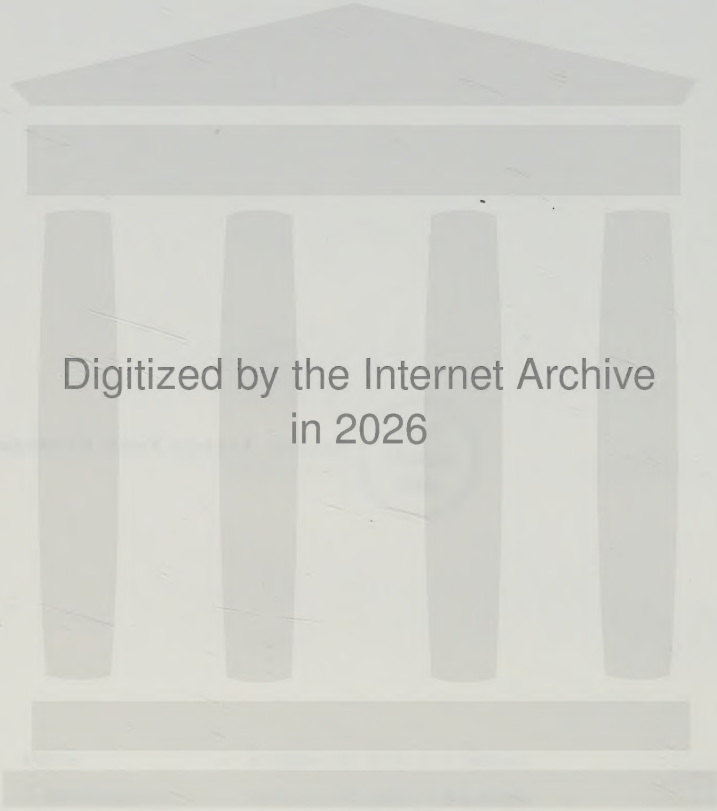
1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan:	Professor Dr. med. H. J. Mallach
1. Berichterstatter:	Professor Dr. med. H. Weichardt
2. Berichterstatter:	Professor Dr. med. D. Jeschke

gedruckt bei Hans-Joachim Köhler, Reprografischer Betrieb, 7400 Tübingen, Neue Straße

Meiner lieben Frau Hildegard


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536519_0026

Inhalt

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Literaturübersicht	2
2.1. Allgemeiner Überblick	2
2.2. Beschriebene Geräte und Systeme	5
2.3. Kritische Betrachtung der beschriebenen Systeme	6
2.4. Elektrodentechnik - Elektrodenlage	8
2.4.1. Elektrodentechnik	8
2.4.2. Elektrodenlage	9
3. Anlage und Methode der Untersuchung	11
3.1. Methodische Überlegungen	11
3.2. Geräte zur Durchführung der Untersuchung	14
3.2.1. Das Memoport-System Hellige	14
3.2.2. Das Medilog-System Oxford	16
3.2.3. Die wichtigsten technischen Daten	19
3.3. Versuchsplan	21
3.4. Die Versuchspersonen	23
3.4.1. Die Aufteilung der Versuchspersonen	24
3.4.2. Altersverteilung und Körperkonstitution der Versuchspersonen	25
3.4.3. Herz-Kreislaufanamnese und Standard-EKG	29
3.4.4. Lebensgewohnheiten der Versuchspersonen	31
3.5. Der Versuchsablauf	33
3.5.1. Vorbereitende Maßnahmen	33
3.5.2. Verlauf der Aufnahmezeit	36
3.5.3. Die zeitgeraffte Auswertung der Langzeit-EKG-Aufnahmen mit der Wiedergabe- und Analyseneinheit	44
3.5.4. Die manuelle Auswertung der ausgedruckten EKG-Streifen	45
3.5.5. Statistische Aufarbeitung	48

Seite

4. Ergebnisse 49
4.1. Die Bandspeichergeräte 49
4.2. Ergebnisse der Auswertung - Durchlauf I 53
4.2.1. Grobeinteilung der Ereignisse - Stops im Analysengang 53
4.2.2. R-R-Verkürzungen - Frequenzanstiege 56
4.2.3. R-R-Verlängerungen 61
4.2.4. Extrasystolen 61
4.2.5. Artefakte 62
4.2.6. Zeitaufwand beim Auswerten 65
4.3. Ergebnisse der Auswertung - Durchlauf II 66
4.4. Kurze Zusammenfassung der kardiologischen Ergebnisse 71

5. Diskussion der Ergebnisse 74

6. Zusammenfassung 87

7. Literaturnachweis 88

1. Einleitung und Problemstellung

Der Einsatz zeitsparender und arbeitsenkender Hilfsmittel in der Diagnostik ist zu einer Grundlage der modernen Medizin geworden. Von ausschlaggebender Bedeutung dabei ist jedoch der Einsatz dieser Hilfsmittel zum richtigen Zeitpunkt und am rechten Ort; die Stellung einer exakten Indikation ist notwendig.

Von nicht weniger großer Bedeutung aber ist auch das Wissen um die Möglichkeiten der eingesetzten Hilfsmittel, d.h. die Hilfsmittel müssen in ökonomischer wie in aufgabenspezifischer Hinsicht bis an die Grenzen ihrer Möglichkeiten eingesetzt werden können. Auf der anderen Seite müssen aber auch ganz klar und deutlich die Grenzen dieser Möglichkeiten abgesteckt und umrissen sein.

Bandspeichergeräte zur kontinuierlichen Aufzeichnung des EKG über einen Zeitraum bis zu 24 Stunden und länger, sowie Wiedergabegeräte und halbautomatische oder automatische Analyseneinheiten zur zeitgerafften Aufarbeitung der gewonnenen Langzeit-EKG-Aufnahmen sind solche diagnostische Hilfsmittel.

Zwei dieser Systeme, das "Memoport-System" der Firma Hellige, Freiburg, und das "Medilog-System" der Firma Oxford, Hanau, werden in der vorliegenden Arbeit beschrieben.

Anhand zweier identischer Versuchsserien sollen die beiden konkurrierenden Systeme mit einer definierten Aufgabenstellung konfrontiert und miteinander verglichen werden.

Es soll eine Ausage über die Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Brauchbarkeit hinsichtlich der gestellten Aufgabe getroffen und die jeweiligen Schwächen und Fehler aufgedeckt werden.

Die bei den beiden Versuchsserien darüber hinaus gewonnenen Ergebnisse über das Herzverhalten während des Versuchs sollen kurz genannt und diskutiert werden.

2. Literaturübersicht

2.1. Allgemeiner Überblick

Elektronische Überwachungssysteme geben uns heute die Möglichkeit, Herzrhythmusstörungen langzeitig aufzuzeichnen und annähernd sicher zu quantifizieren (12, 35). Dabei können zwei verschiedene Wege beschritten werden: Radiotelemetrie oder Magnetbandspeicherung.

Die R a d i o t e l e m e t r i e bietet dabei den Vorteil der direkten, einzeitigen Erfassung von Meßwerten und Tätigkeitsabläufen. Eventuell auftretende Störungen können sofort erkannt und beseitigt werden. Die Anwesenheit eines ärztlichen Versuchsleiters ist Voraussetzung (45). Der Betrieb einer Radiotelemetrieanlage obliegt der Zulassung durch das Fernmeldeamt (42). Speziell für die Radiotelemetrie sind Frequenzen im 151 MHz-Band bereitgestellt. Störungen durch den Sprechfunk sind somit ausgeschlossen (40). Es lassen sich, abhängig von der baulichen Beschaffenheit des Geländes, Reichweiten von 50 m bis 3 000 m erzielen (40, 45).

Das m a g n e t b a n d s p e i c h e r n d e Verfahren bietet Vorteile bei der Untersuchung von Probanden mit größerem Aktionsradius, z.B. bei der Benutzung von Verkehrsmitteln. Dies gilt ebenso für weitgehend konstante Arbeitsplatzeinflüsse, bei denen einer simultanen Protokollierung und Ereigniszuordnung kein Gewicht beigemessen werden kann. Ferner erlaubt die Bandspeicherung Untersuchungen trotz irgendwelcher, die Funkübertragung störender Felder. Auch metallisch abgeschirmte Arbeitsräume oder Schutzanzüge, die als Faraday'sche Käfige wirken, stehen der Meßwertgewinnung über Magnetband nicht im Wege (45). Eine Sichtkontrolle ist dabei jedoch nicht möglich, was den unwiderruflichen Verlust mehrstündiger Aufnahmen bedeuten kann. Ausfalls-

quoten von mehr als 20 % während der achtstündigen Arbeitsschicht sind beschrieben (45).
Die Speicherung der Signale hat jedoch den Vorteil, daß es nicht der ununterbrochenen Beobachtung durch den Arzt bedarf, sondern die Auswertung zu einem beliebigen Zeitpunkt erfolgen kann und mehrfaches Abspielen möglich ist (38).
Die Möglichkeit der zeitgerafften oszilloskopischen Wiedergabe des gewonnenen EKG bedeutet eine Beobachtungszeitersparnis (45).
Das Langzeit-EKG ist für die Erfassung anfallsweise auftretender Durchblutungsstörungen und Rhythmusstörungen des Herzens von großer praktischer Bedeutung (24). Sowohl bei Herzkranken als auch bei Herzgesunden konnten im Langzeit-EKG dreimal häufiger Veränderungen als im "herkömmlichen" Routine-EKG gefunden werden (25). Dieses Mehr an Information wird deshalb besonders für Untersuchungen in der Arbeits-, Sozial-, Sport- und Luftfahrtsmedizin ausgeschöpft. Auch bei der Überwachung von Rehabilitationspatienten (24) und im klinischen Bereich ist das Langzeit-EKG, ermöglicht durch Magnetbandspeicherung, ein wichtiges diagnostisches Mittel.

Folgende arbeitsplatznahe Anwendungsbereiche bieten sich dem Arzt heute an:

- Bestimmung des Normalverhaltens der kardio-vaskulären Reaktion während usueller Tätigkeit und ungewohnter Verrichtungen.
- Einführung präventiver Suchtests für Gruppen mit besonderer beruflicher Belastung.
- Anpassung von Produktionsform und Arbeitstempo an den Menschen.
- Objektivierung besonderer Risiken am Arbeitsplatz anhand der kardio-vaskulären Reaktion unter Beachtung endogener Ursachenfaktoren.
- Überwachung betrieblicher Rehabilitationsprozesse nach Erkrankung des kardiozirkulatorischen Systems.

(36)

Der klinische Anwendungsbereich erstreckt sich

- auf Patienten mit anamnestischen Hinweisen auf eine Herzrhythmusstörung mit normalem Routine-EKG.
- auf Patienten mit pathologischem Ruhe- bzw. Belastungs-EKG, wenn die Beschwerden durch den Befund nicht ausreichend geklärt sind.
- auf Patienten, die wegen Rhythmusstörungen behandelt werden, zur Beurteilung des Therapieerfolges.
- auf Patienten mit implantiertem Schrittmacher zur Überprüfung der Funktion.

(38)

Dabei kamen folgende Symptome und Krankheitsbilder zur Abklärung:

- bradykarde Rhythmusstörungen (8, 42)
- Extrasystolien (8, 42)
- tachykarde Rhythmusstörungen (8, 9, 26, 42)
- Sinusknotensyndrom (9, 42)
- Karotissinussyndrom (42)
- koronare Herzerkrankung (24, 42)
- Synkopen (17)

Kurz erwähnt werden soll noch die Überwachung der Herzfunktion unreifer Frühgeborener durch Magnetbandspeicherung (39).

Am Rande sei noch darauf hingewiesen, daß außer dem EKG auch noch andere Vitaldaten mittels der Magnetbandspeicherung aufgezeichnet werden können. Unter Verwendung geeigneter Vorsatzgeräte (sog. preamplifiers) ist es möglich,

- den arteriellen Blutdruck (23)
- das EEG (20)
- und das Phonokardiogramm in Verbindung mit dem EKG (32) bei ambulanten Patienten aufzuzeichnen.

2.2. Beschriebene Geräte und Systeme

Das mit Abstand am häufigsten benützte und beschriebene System zur Aufzeichnung, Auswertung und Ausschreibung von Langzeit-EKG-Aufnahmen ist das System Avionics (Los Angeles, USA) (2, 13, 19, 24, 25, 26, 29, 30, 38, 39, 46).
Das von Holter entwickelte System Avionics erlaubt eine kontinuierliche Registrierung des EKG über 8 bis 10 Stunden mit einem Magnetband. Es besteht aus drei Geräten:
Das Aufnahmegerät, Electrocardiocorder, ist ein kleines, batteriegespeistes tragbares Magnetbandgerät mit vorgeschaltetem EKG-Verstärker.
In einem zweiten Gerät, Electrocardioscanner, das der Beobachtung und Auswertung dient, wird das bandgespeicherte EKG mit 60-facher Zeitraffung auf dem Bildschirm einer Kathodenstrahlröhre als superponierte Originalkurve in Form eines stehenden EKG dargestellt. Eine mit dem Bandablauf gekoppelte Uhr ermöglicht die Zuordnung pathologischer Befunde zum Tätigkeitsprotokoll des Patienten.
Mit dem dritten Gerät, Electrocardiocharter, können interessierende Abschnitte der Magnetbandaufzeichnung als konventionelle Elektrokardiogramme mit gewöhnlicher Papiergeschwindigkeit aufgezeichnet werden (24).
Ähnlich in seiner Konzeption ist das Medilog-System der Firma Oxford Instruments (8, 9, 17, 20, 23).
(Eine genaue Beschreibung dieses Systems findet sich auf Seite 16 ff dieser Arbeit.)
Bei den von Siemens AG, Erlangen, hergestellten Geräten Meditape K (42) und Meditape AR (12) handelt es sich um Gerätekombinationen, die die zeitgeraffte Wiedergabe des EKG sowie eine Dokumentation desselben ermöglichen. Eine 10-stündige EKG-Aufnahme kann in 10 Minuten dargestellt werden. Eine langsame Auswertung jeder Einzelaktion des EKG sowie eine Registrierung mit verschiedenem Papiervorschub kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt mit dem Wiedergabegerät erfolgen. Der Herzfrequenzverlauf wird sowohl

optisch als auch akustisch deutlich gemacht. Eine Uhr macht eine zeitliche Zuordnung des EKG zur protokollierten Tätigkeit des Patienten möglich (42).
Neben diesen käuflichen Versionen dynamischer Herzüberwachungssysteme werden auch Eigenentwicklungen beschrieben, die nach den oben angeführten Prinzipien arbeiten (11, 27, 41). Sie sind entweder auf die ganz speziellen Fragestellungen der einzelnen Verfasser zugeschnitten, oder eben nur deshalb entwickelt worden, um den hohen Anschaffungspreis der käuflichen Anlagen zu umgehen (2, 24, 27, 41).

2.3. Kritische Betrachtung der beschriebenen Systeme

Von Nachteil ist die Störanfälligkeit der Systeme. Überlagerungen des EKG mit Wechselstrom oder Muskelpotentialen sowie das Lösen von Elektroden sind leicht zu erkennen. Das gleiche gilt für zweimaliges Überspielen des Magnetbandes ohne zwischenzeitliches Löschen der ersten Aufnahme. Durch Änderung des Hauptvektors von QRS durch die Atmung kommt es häufig zu Amplitudenschwankungen des Kammerkomplexes, so daß R-Zacken mit geringerer Amplitude nicht "getriggert" werden (38).
Zur Ermittlung der Herzfrequenz benötigt das Meßgerät aber die Abstände mehrerer QRS-Komplexe. Das Prinzip der Erfassung der QRS-Komplexe bedingt bei vielen Fabrikaten Störanfälligkeit. Folgende Faktoren der Kammeranfangsgruppe spielen dabei eine Rolle:

- die Amplitude
- die Anstiegsteilheit
- die Breite an der Basis

(alle drei ergeben eine dem Flächenintegral ähnliche Größe.)

Bei vielen Geräten wird nur einer der drei genannten Parameter zur Erfassung des QRS-Komplexes herangezogen, so daß andere Potentiale oft mitbewertet werden (37). Um eine Triggerung der Kammerendteile zu vermeiden, muß darauf geachtet werden, daß die Amplitude des QRS-Komplexes deutlich höher als die des Kammerendteiles ist (7).
Das Phänomen der Amplitudenabnahme tritt auch bei Aufnahmeköpfen auf, die durch den Abrieb des Magnetbandes verunreinigt sind. Hierdurch wird eine halbautomatische Schnellauswertung unmöglich, bzw. sehr erschwert. Es werden dann im Zeitraffungsverfahren unter Umständen Rhythmusstörungen vorgetäuscht, die dann allerdings bei normalem Bandvorschub sofort als Artefakte zu erkennen sind (38).
Des weiteren treten Artefakte auf beim Berühren der Ableitekabel oder Elektroden. Verformungen des knöchernen Thorax und große Mammae bei Frauen können Artefakte hervorrufen (1). Statische Interferenzen als Folge von Reibung zwischen Kleidung und Elektroden können Bilder hervorrufen, die einer supraventrikulären Tachykardie täuschend ähnlich sehen. Das Abgleiten des Magnetbandes führt zu weiten, verwaschenen QRS-Bildern (9).
Das Vorkommen von Null-Linienschwankungen wird beschrieben (1, 5, 25, 31, 39) und muß bei der Interpretation von ST- und T-Veränderungen im Auge behalten werden.
Die oben beschriebenen Artefakte sind meist der Grund dafür, daß bei der Auswertung am Analysengerät eine Menge EKG-Papier anfällt, was die Auswertung natürlich erschwert (41).
Trotz aller technischer Perfektion ist die Bandlaufgeschwindigkeit nicht immer völlig konstant (19, 34, 38, 39, 45). Einen Hauptfehler stellen hierbei defekte oder nicht genügend aufgeladene Batterien, defekte Antriebsmotoren oder eine mechanische Behinderung der Spule etwa durch den Deckel des Rekorders dar (38).

2.4. Elektrodentechnik - Elektrodenlage

2.4.1. Elektrodentechnik

Auf die Elektrodentechnik muß großer Wert gelegt werden, da von ihr zum größten Teil eine einwandfreie Übertragung bei größtmöglicher Bewegungsfreiheit abhängt (6, 7, 39, 40, 45).
Störungen, die durch Elektroden verursacht werden können, sind vielfältiger Art:

- Artefakte infolge schlechter Elektrodenbefestigung
- Polarisationsspannungen bei vielen Elektrodenmaterialien
- Brummstörungen (durch kapazitive oder induktive Einstreuung auf die Elektrodenkabel (40).

Durch Herabsetzen des Hautwiderstandes, des Übergangswiderstandes zwischen Metallelektrode und den tiefer liegenden, gut leitenden Epidermisschichten, lassen sich ein Teil der Störungen beseitigen. Dazu muß die Haut präpariert werden, wobei sich folgende Schritte als die zum besten Resultat führenden erwiesen haben: Abschmirgeln der Oberhautschicht und längeres Einreiben der betreffenden Hautstelle mit Elektrodencreme oder 5%-iger NaCl-Lösung, wobei das Präparieren einer elektrodenkongruenten Hautfläche ausreicht (6, 13, 40). Das Reiben beschleunigt dabei die Diffusion der leitenden Ionen in die tieferen Hautschichten. Die Applikation fettlösender Chemikalien (Azeton, Benzin) soll vermieden werden, da diese Substanzen hydrophob sind, also den Wassergehalt der Haut zurückdrängen und damit den Hautwiderstand erhöhen (40).
(Der Vollständigkeit halber sei hier angemerkt, daß gerade die Reinigung der Haut mit Azeton von einem anderen Autor als essentiell für den Erfolg (2) dargestellt wird.)
Nach dem Anbringen der Elektroden wird im allgemeinen eine

zeitlich exponentielle Abnahme des Hautwiderstandes festgestellt. Es empfiehlt sich somit, die Elektroden schon eine gewisse Zeit vor Versuchsbeginn anzulegen (40).
Artefakte infolge schlechter Elektrodenhaftung lassen sich durch zusätzliche Befestigungsmaßnahmen vermeiden:

- durch Überkleben der Elektroden mit Heftplaster - Leukoplast (13) - Sanderplast (30)
- durch Überkleben der Elektroden mit Elastoplast (25)
- durch Aufsprühen der Elektroden mit Nobecutan (15).

Das Spektrum der dabei verwendeten Elektroden reicht von den handelsüblichen Einmal- oder Dauerklebeelektroden aus gesintertem Ag-AgCl (2, 13, 40, 45) bis hin zu Eigenentwicklungen aus rostfreiem Stahldrahtgeflecht (1, 11).
Auch die Benützung der Reibfläche einer Muskatnußreibe als "multipoint direct skin electrode" (22) wird beschrieben.

2.4.2. Elektrodenlage

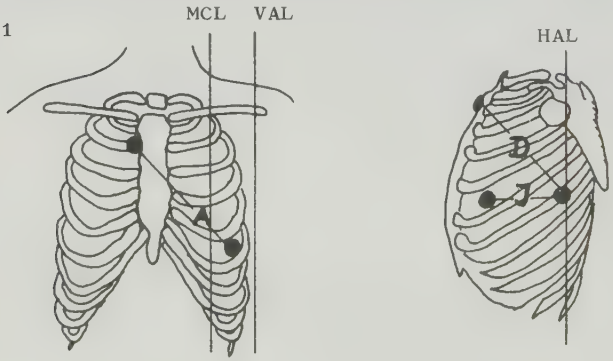
Die konventionellen Ableitestellen der Herzaktionspotentiale an den Extremitäten und der Brustwand nach Einthoven und Wilson eignen sich allein wegen ihrer Anzahl nicht für Langzeituntersuchungen mit Magnetbandspeichersystemen (33, 45). In der Mehrzahl dieser Systeme handelt es sich um bipolare Brustwandableitungen. Eine dritte, indifferente Bezugselektrode zur Verringerung der Störpotentiale ist zweckmäßig, ohne daß hierfür ein definierter Befestigungspunkt erforderlich wird (33, 45).
Über die günstigste Elektrodenlage gibt es bisher keine einheitliche Auffassung (38). Meist wird jedoch eine Nehb A entsprechende oder angenäherte Elektrodenlokalisation angestrebt (9, 24, 38).
Bemühungen zur Standardisierung der Elektrodenlokalisation sind im Gange (33, 34, 36, 45). Sie zielen daraufhin ab, folgende Forderungen für die Zukunft zu erfüllen:

- Die Vergleichbarkeit der von verschiedenen Untersuchungen oder beim gleichen Probanden zu verschiedenen Zeiten registrierten Langzeit-EKG.
- Gesicherte Aussagen zur Empfindlichkeit, Spezifität und damit dem prognostischen Wert der Langzeit-EKG anhand bipolarer Brustwandableitungen (33, 36, 45).

Für die bipolare Ableitung der Herzaktionspotentiale werden folgende thorakale Ableitungspunkte, angenähert Nehb A, zur Standardisierung vorgeschlagen (33, 36, 45):

- Sternalansatz der 2.Rippe rechts
- 5. ICR links, zwischen Medioclavicularlinie (MCL) und vorderer Axillarlinie (VAL).

Abb. 1



(Für den Betrieb einer mehrkanaligen Anlage, z.B. einer Radiotelemetrieanlage, wird ein dritter Ableitungspunkt angegeben:

- Hintere Axillarlinie (HAL) in Höhe des 2. Ableitepunktes.

Diese drei Ableitungspunkte sind dem kleinen Herzdreieck nach Nehb angenähert und liefern die Ableitungen Nehb A, D, J (33, 36).)

3. Anlage und Methodik der Untersuchung

3.1. Methodische Überlegungen

Die vergleichende Untersuchung zweier Systeme zur **dynami**schen Herzfunktionsüberwachung mit dem Ziel, eine Aussage treffen zu können bezüglich der Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Brauchbarkeit dieser Systeme, wirft einige methodische Probleme für den Untersuchenden auf, die kurz dargelegt werden sollen.
Es besteht zum einen die Möglichkeit, diese auf elektronischer Basis arbeitenden Systeme ihrerseits mit Elektronik zu konfrontieren und zu überprüfen.
Dazu werden mit Hilfe eines geeichten Impulsgenerators ekg-förmige Impulse erzeugt, die mit dem jeweiligen Aufnahmegerät über eine gewisse Zeit auf Magnetband aufgezeichnet werden. Die so gewonnenen Aufnahmen werden dann dem entsprechenden Wiedergabegerät und der Analyseneinheit zur Aufarbeitung angeboten.
Der Vorteil dieser Methode liegt darin, daß der Untersucher entscheiden kann, welche Impulse zur Aufnahme angeboten werden. Damit weiß er aber auch schon ganz genau, was die Analyse der Aufnahme ergeben muß und kann nach Beendigung des Versuches eine exakte Aussage über "richtig" oder "falsch" treffen, indem er das "Angebotene" mit dem Resultat vergleicht. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß man auf diese Art und Weise die jeweiligen Systeme direkt miteinander vergleichen kann, wenn man zur Aufnahme und Analyse beiden Systemen identische Impulse anbietet. Verschiedene Tonköpfe, verschiedene Bandgeschwindigkeiten und sonstige von System zu System individuelle Faktoren können keine vergleichhindernde Rolle dabei spielen.
Nachteile dieser Methode sind der relativ große apparative Aufwand und die Unmöglichkeit, etwas über die Anwendung dieser Systeme in der Praxis aussagen zu können.

Die zweite Methode, die auch in der vorliegenden Arbeit angewandt wurde, besteht im praxisnahen Einsatz der Aufnahmegeräte. Vermittels der Aufnahmegeräte werden die Herzaktionspotentiale von Patienten oder Versuchspersonen auf Magnetband aufgezeichnet. Die so gewonnenen Langzeit-EKG-Aufnahmen werden dann dem entsprechenden Wiedergabegerät und der Analyseneinheit unter definierter Aufgabenstellung zur Aufarbeitung angeboten.
Folgende Schwierigkeiten und Fehlerquellen ergeben sich daraus:
Herzaktionspotentiale und Herzschlagfrequenz sind biologische Größen, individuell von Person zu Person verschieden. Herzaktionspotentiale und Herzschlagfrequenz sind dynamische Größen, die einer gut erkannten Regulation unterliegen. Die Grenzen, innerhalb derer sich diese Regulation abspielt, sind ihrerseits jedoch merkbaren individuellen Schwankungen unterworfen. Das von Patienten oder Versuchspersonen aufgezeichnete EKG ist also eine vom Untersucher nicht direkt beeinflußbare Variable. Den Inhalt eines über mehrere Stunden abgeleiteten und gespeicherten EKG kennt der Untersucher nicht. Das Resultat der halbautomatischen, zeitgerafften Auswertung ist für den Untersucher in diesem Fall ein Faktum, das er nur an der definierten Aufgabenstellung nachprüfen kann. Dabei ist nur das nachprüfbar, was vom Schreiber während der Auswertung dokumentiert wurde. Von der Analyseneinheit nicht erfaßte, wohl aber in der Aufgabenstellung als zu erfassen geforderte Ereignisse bleiben unentdeckt und verloren. Die Fragestellung kann also hier niemals lauten: Was wird angezeigt - was wird nicht angezeigt ?
Es kann bei diesem Vorgehen lediglich entschieden werden, ob ein angezeigtes Ereignis im Sinne der Aufgabe "richtig" oder im Sinne der Aufgabe "falsch" angezeigt wurde.
Die direkte Vergleichbarkeit der von den verschiedenen Analyseneinheiten erbrachten Leistung ist anhand einer Langzeit-EKG-Aufnahme, die an einer Versuchsperson gewonnen

wurde, nicht möglich, da eine mit dem Aufnahmegerät des Systems A aufgezeichnete Aufnahme nicht vom Wiedergabegerät eines anderen Systems gelesen und verarbeitet werden kann. Schuld daran sind verschiedene Aufnahmeköpfe und verschiedene Bandgeschwindigkeiten bei den jeweiligen Aufnahmegeräten.

(Die Ausstattung einer Versuchsperson mit zwei Aufnahmegeräten zur gleichzeitigen Aufzeichnung der Herzaktionspotentiale zur Umgehung dieser Schwierigkeiten stand nicht zur Diskussion. Die verwendeten Geräte waren nicht gleichzeitig verfügbar.)

Eine indirekte Vergleichbarkeit der beiden Systeme ist aber dann gegeben, wenn mit beiden Systemen das Herzverhalten von Versuchspersonen in seinen regulatorischen Grenzen festgestellt wird, und die Aussagen, die beide Systeme darüber treffen, miteinander verglichen werden. Folgende Forderungen müssen dabei jedoch erfüllt sein:

- Vergleichbarkeit der beiden Versuchspersonengruppen
- Vergleichbarkeit der Versuchsbedingungen
- Vergleichbarkeit der Testparameter.

(Die Erfüllung dieser Forderungen wird in den folgenden Abschnitten dokumentiert.)

3.2. Geräte zur Durchführung der Untersuchung

3.2.1. Das MEMOPORT - SYSTEM , Hellige

Das Memoport-System Hellige umfaßt:

Aufnahmegerät und
Wiedergabeeinheit

Aufnahmegerät: (Abb. 2)
Das kleine, leichte Gerät dient zur Speicherung des EKG auf handelsüblichen Magnetbandkassetten und ermöglicht pro Kassette maximale Aufzeichnungszeiten von 13 Stunden.
Die Speicherung der EKG-Signale wird nach dem Prinzip der Frequenzmodulation vorgenommen und erfolgt auf Spur eins der Bandkassette. Parallel hierzu - auf Spur zwei - wird eine Pilotfrequenz registriert.

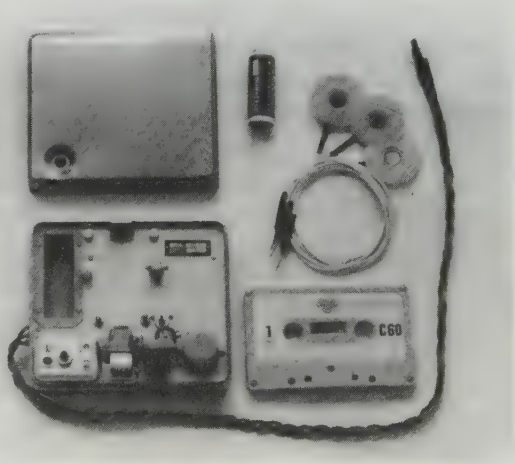


Abb. 2

Mit Hilfe dieser Pilotfrequenz werden bei der Wiedergabe eventuelle Gleichlaufschwankungen eliminiert, außerdem dient sie als Steuersignal für die elektronische Uhr.

Wiedergabeeinheit: (Abb. 3)

Zur Wiedergabe der Magnetbandaufnahme mit 20-facher Zeitraffung, wobei kontinuierlich 30 Sekunden Echtzeitinformation elektronisch gespeichert vorliegen.

Die Wiedergabeeinheit setzt sich zusammen aus:

Leseeinheit - Sie dient zur Wiedergabe der EKG-Aufnahme bei 20-facher Zeitraffung.

Kardioskop - Mit ihm werden die wiedergegebenen Signale dargestellt. Triggerbetrieb läßt ein quasistationäres Bild entstehen, das je nach Einstellung einen oder mehrere Zyklen erfaßt.

Speicherelektronik - Alarmschreiber - Sie ermöglichen die automatische Registrierung visuell oder automatisch erkannter Arrhythmien, wobei stetig 30 Sekunden Echtzeitinformation gespeichert sind. So ist es möglich, an einer beliebigen Stelle des Bandes die Vorgeschichte eines Ereignisses aus dem Speicher zu erfassen.

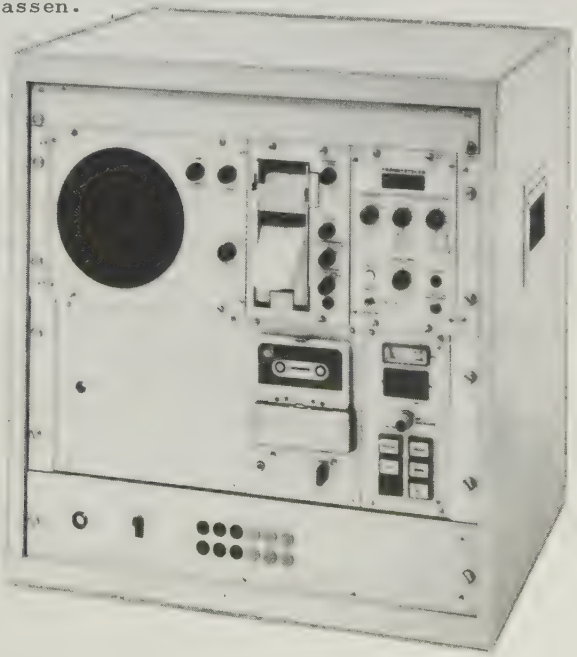


Abb. 3

Herzfrequenzanzeige - Während der Wiedergabe wird aus dem EKG kontinuierlich die Herzfrequenz ermittelt. Ein Skaleninstrument zeigt die erhaltenen Werte an.

Elektronische Uhr - Es wird hiermit die Aufnahmezeit der momentan wiedergegebenen EKG-Passage angezeigt. Die Steuerung durch die Pilotfrequenz stellt die Synchronisierung sicher.

Frühsystolenmonitor - Er dient zur Auffindung und zum Start des Registriergeräts beim Auftreten von Arrhythmien. Er hat die Fähigkeit, die 100 % RR-Abstand ständig dem wirklichen RR-Abstand anzupassen. Mit Hilfe von zwei Einstellern kann ein Fenster im Bereich der RR-Zeit eingestellt werden. Fällt eine Extrasystole in das Fenster, so leuchtet eine Lampe auf und die Extrasystolen werden auf einem Zähler gezählt.
Unabhängig davon können Asytolien festgestellt werden. Hierzu spricht das Gerät auf RR-Intervalle entsprechend der voreingestellten Zeit an. (18, 18a)

3.2.2. Das MEDILOG - SYSTEM , Oxford

Das Medilog-System umfaßt:

Medilog-Recorder (Typ 4-24)
Medilog-Wiedergabegerät
Medilog-Analyseneinheit

Medilog-Recorder: (Abb. 4)
Der Recorder ist eine kleine Einheit zur Speicherung physiologischer Daten auf handelsüblicher Bandkassette mit einer maximalen Aufnahmezeit von 24 Stunden.
Die EKG-Signale werden über einen einsteckbaren Verstärker, in diesem Falle dem Amplifier Type AD - 2 (direct recor-

ding amplifier), über Kanal eins des vierspurigen Tonkopfes auf das Band überspielt. (Die übrigen drei Spuren des Aufnahmekopfes und somit die übrigen drei Kanäle des Aufnahmegerätes wurden bei der Durchführung des Versuches nicht benützt.)

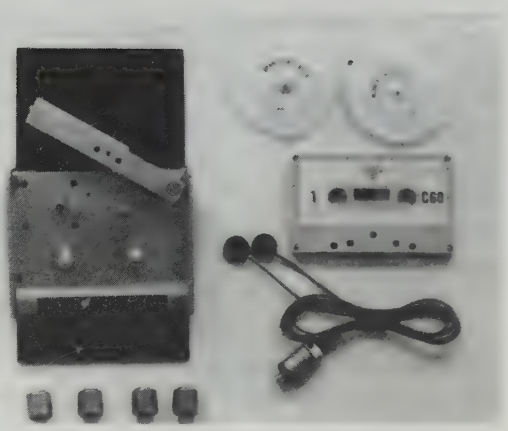


Abb. 4

Eine Zeit- und Ereignismarkierung wird hierbei nicht vorgenommen. Das Auffinden interessierender Ereignisse geschieht über eine mit dem Bandablauf gekoppelte Uhr am Wiedergabegerät.
Der Medilog-Recorder wird in einer Tragetasche vom Patienten getragen.

Wiedergabeeinheit (Abb. 5) und Analyseneinheit (Abb. 6):
Wiedergabeeinheit und Analyseneinheit sind beim Medilog-System separate Geräte, die je nach Gebrauch mit verschiedenen Einschüben versehen werden.
Mit dem Wiedergabegerät wird das gewonnene EKG unter 60-facher Zeitraffung wiedergegeben und gelesen. Dazu befindet sich in diesem Gerät der mit dem Verstärker AD - 2 des Recorders korrespondierende Wiedergabeeinschub PD - 2 (direct replay amplifier).
Mit dem Bandablauf gekoppelt ist eine Uhr, mit deren Hilfe das Aufsuchen und Wiederauffinden interessierender Bandpassagen ermöglicht werden soll.
Die Ausgabe der Daten erfolgt analog.
Die halbautomatische Analyseneinheit - halbautomatisch,

weil die Möglichkeit besteht, die Analysen entsprechend den speziellen Erfordernissen zu gestalten - hat mehrere einstellbare Funktionen. Die Grundausstattung enthält einen Speicher, in dem 40 Sekunden Echtzeitinformation gespeichert werden.
Über Einstellelemente mit Zeit- bzw. Prozentangaben für Bradykardie und Tachykardie sowie verkürzter oder verlängerter RR-Intervalle wird die Wiedergabe des Bandes gestoppt und es erscheinen auf dem Oszilloskop die gespeicherten Informationen, die über einen Schreiber bei Bedarf ausgedruckt werden. Die dabei gespeicherten 40 Sekunden Information sind auf dem Oszilloskop in jeweils 10-Sekundenabschnitte unterteilt, die einzeln per Knöpfdruck ausgeschrieben werden können.
(Die Erweiterung dieser Standardanalyseneinheit ist durch Hinzufügung weiterer Einschübe möglich.)
(28, 28a)

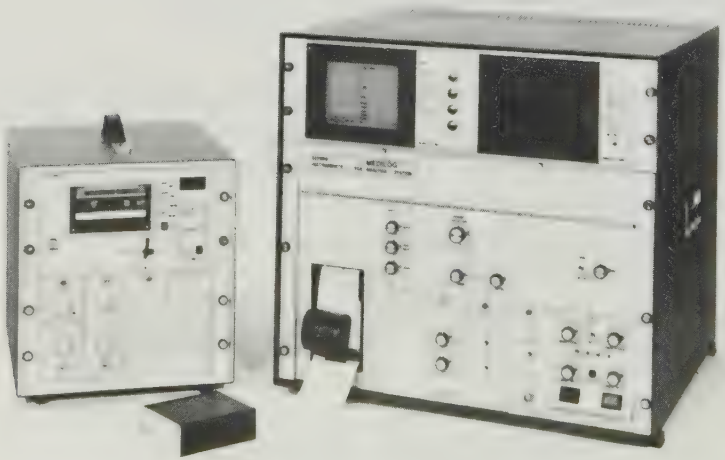


Abb. 5

Abb. 6

3.2.3. Die wichtigsten technischen Daten

	Memoport - Hellige	Medilog - Oxford
Aufnahmegeräte:		
Bandgeschwindigkeit	3,5 mm/sec ± 2 %	2,0 mm/sec ± 2 %
Max. Laufzeiten der Kassette	C 60 - 6,5 Std. C 90 - 8,75Std. C120 -13,0 Std.	C120 - 24 Std.
Nennfrequenzbereich	0,1 ..... 40 Hz	0,5 ..... 100 Hz
Gleichtaktunterdrückung	größer 60 dB	größer 30 dB
Stromversorgung	aus eingesetzter, auswechselbarer Batterie. Mallory TR-133 N für etwa 50-60 h	aus vier eingesetzten, auswechselbaren Batterien. Mallory RM 1 N für etwa 40-48 h
Nennstrom	10 mA	30 mA
Abmessungen	Länge: 121 mm Breite: 106 mm Höhe: 39 mm	Länge: 112 mm Breite: 87 mm Höhe: 36 mm
Gewicht	einschließlich Batterie und Kassette etwa 500 g	einschließlich Batterie und Kassette etwa 400 g

	Memoport - Hellige	Medilog - Oxford
Wiedergabegeräte Analyseneinheit	ein Gerät	zwei separate Geräte
	19 - Zoll-Gehäuse mit Einsatzrahmen, in die die einzelnen Funktionseinheiten als Einschübe eingesetzt sind.	19 - Zoll-Gehäuse mit Einsatzrahmen, in die die einzelnen Funktionseinheiten als Einschübe eingesetzt sind.
Bandgeschwindigkeit	70 mm/sec ± 1 % 20-fache Zeitraffung	120 mm/sec ± 1 % 60-fache Zeitraffung
Laufzeiten der Kassetten	C 60 etwa 20 min C 90 etwa 30 min C 120 etwa 40 min	C 120 etwa 30 min
Echtzeitspeicher	30 Sekunden	40 Sekunden
Papiervorschub	25 mm/sec	25 mm/sec
Herzfrequenzmesser, Meßbereich	0 ... 300 /min ± 2 %	30 ... 300 /min
Digitaluhr	vierstellige Leuchtziffernanzeige für h und min von 0-24 Uhr	vierstellige Leuchtziffernanzeige für h und min von 0-24 Uhr
Stromversorgung	aus dem Leitungsnetz.	aus dem Leitungsnetz.

(18, 18a, 28, 28a)

3.3. Versuchsplan

Ein erstes Etappenziel des Versuches sollte der Gewinn einer möglichst großen Anzahl auf Magnetbandkassette gespeicherte Langzeit-EKG-Aufnahmen sein.
Da zur Abnahme und Aufzeichnung der Langzeit-EKG freiwillige Versuchspersonen eingesetzt wurden, war es notwendig, die Versuchszeit auf vier Stunden zu limitieren.
Die Tätigkeiten, die während dieser vier Stunden ausgeführt werden sollten, mußten, um eine Vergleichbarkeit der Werte zu gewährleisten, in ihren Grenzen abgesteckt werden: Die Versuchspersonen, zum größten Teil Studenten, sollten sich mit genügend Fachliteratur versehen und während dieser vier Stunden stille, sitzende Arbeit - Lesen oder Schreiben - verrichten. Psychovegetative Einflüsse auf die Herzkreislauffunktion (3, 36) sollten durch diese, für einen Studenten als Routinearbeit zu betrachtende Tätigkeiten so weit wie möglich ausgeschlossen werden. Eine gedämpfte, indifferente Unterhaltung sollte in Maßen gestattet werden. Unterbrechungen, wie z.B. der Gang zur Toilette, sollten im Versuchsprotokoll festgehalten werden.
Zur Kontrolle der Stabilität des Herz- und Kreislaufverhaltens sollte die stündliche, manuelle Messung von Puls und Blutdruck erfolgen.
Um tageszeitlich bedingte Unterschiede im Herz- und Kreislaufverhalten auszuschließen, sollte der Versuchsbeginn zwischen 8^{00} und 9^{00} morgens liegen.
Da die beiden verwendeten Gerätesysteme nicht gleichzeitig zur Verfügung standen, sollte auch einigen metereologischen Daten eine gewisse Beachtung geschenkt werden.
Zur Durchführung der oben beschriebenen Tätigkeiten bot sich die Bibliothek des Instituts an, da sie die räumlichen und mobiliaren Voraussetzungen bot. Weitere Vorteile dieses Raumes waren seine gute Belüftbarkeit und seine Armut an eventuell störenden elektrischen Leitungen und Geräten.

Durch Ableitung eines Standard-EKG nach Einthoven, Goldberger und Wilson und durch Erhebung einer Anamnese sollte die Vergleichbarkeit der einzelnen Versuchspersonen untereinander und der Versuchspersonen miteinander ermöglicht werden.

Die gewonnenen Langzeit-EKG-Aufnahmen sollten danach mit Hilfe der Wiedergabe- und Analyseneinheiten unter Zeitraffung aufgearbeitet werden.
Was aber durfte man nun als mögliche Ergebnisse erwarten? Beschrieben worden sind:

- Arrhythmien als Ausdruck physiologischer Reaktionen: Respiratorische Arrhythmien, psycho-vegetative Reaktionen (19, 21, 43, 44).
- Extrasystolen (7, 25, 35, 42).

Durchgeführte Vorversuche bestätigten diese Erwartungen teilweise. Es wurden dabei aufgefunden:

- spontane Herzfrequenzänderungen, dokumentiert durch R-R-Abstandverkürzungen bis zu 40 % oder durch R-R-Abstandverlängerungen bis zu 1,5 sec, entsprechend einer Frequenz von weniger als 40 Schläge / min.

Extrasystolen konnten wegen der zeitlichen Kürze der Vorversuche nicht festgestellt werden.
Die in der Gerätebeschreibung und oben angeführten Fakten legten es nahe, beide Analyseneinheiten gezielt nach diesen Frequenzänderungen suchen zu lassen. Es war möglich, beide Geräte auf folgende identische Parameter einzustellen:

Durchlauf I

Alarm durch das Gerät sollte gegeben werden bei

- R-R-Verkürzungen auf 70 % oder weniger des aktuellen R-R-Abstandes.
- R-R-Abständen von 1,5 sec oder größer, entsprechend einer Herzfrequenz von 40 oder weniger Schlägen pro Minute.

Durchlauf II

Alarm durch das Gerät sollte gegeben werden bei

- R-R-Verkürzungen auf 80 % oder weniger des aktuellen R-R-Abstandes.
- R-R-Abständen von 1,5 sec oder größer, entsprechend einer Herzfrequenz von 40 oder weniger Schlägen pro Minute.

Vom Schreiber ausgedruckt werden sollten alle Alarmsituationen unter den Bedingungen von Durchlauf I.
Als Kontrollstreifen ausgeschrieben werden sollten jede zehnte Alarmsituation unter den Bedingungen von Durchlauf II. Diese Einschränkung, so erwies sich in den Vorversuchen, war dringend erforderlich, um die Übersichtlichkeit des beschriebenen EKG-Papiers für den Untersucher sicherzustellen.

An diese zeitgeraffte Auswertung mit Hilfe der Geräte sollte die von Hand durchgeführte Kontrolle der ausgedruckten EKG-Streifen angeschlossen werden.

3.4. Die Versuchspersonen

Als freiwillige Versuchspersonen konnten 42 junge Leute - 36 Studentinnen und Studenten, 3 Junglehrer und Junglehrerinnen, 2 MTA und eine Bankangestellte - im Alter von 21 bis 28 Jahren gewonnen werden.
Sie wurden aufgeteilt in die Versuchsgruppe H (verwendetes System: Hellige-Memoport) und in die Versuchsgruppe O (verwendetes System: Oxford-Medilog).
Es sei mir an dieser Stelle aus arbeitsökonomischen Gründen gestattet, eine definierende Einteilung der Versuchspersonen - auch unter Vorwegnahme eines Ergebnisses - vorzunehmen.

3.4.1. Die Aufteilung der Versuchspersonen

Die Versuchsgruppe H

bestand aus 10 weiblichen und 11 männlichen, insgesamt also aus 21 Versuchspersonen und unterteilt sich in die Teilgruppen mit folgender, für den Verlauf der Arbeit gleichbleibender Bezeichnung:

H A = sämtliche Versuchspersonen der Gruppe H, bei denen eine auswertbare Langzeit-EKG-Aufnahme gewonnen werden konnte.
(14 Versuchspersonen)

H Aw = die weiblichen Versuchspersonen der Gruppe H A.
(7 Versuchspersonen)

H Am = die männlichen Versuchspersonen der Gruppe H A.
(7 Versuchspersonen)

H B = sämtliche Versuchspersonen der Gruppe H, deren Langzeit-EKG-Aufnahme nicht verwertet werden konnte. Die Gründe dafür werden weiter unten angeführt.
(7 Versuchspersonen)

H Bw = die weiblichen Versuchspersonen der Gruppe H B.
(3 Versuchspersonen)

H Bm = die männlichen Versuchspersonen der Gruppe H B.
(4 Versuchspersonen)

Die Versuchsgruppe O

bestand aus 12 weiblichen und 9 männlichen, insgesamt also aus 21 Versuchspersonen und unterteilt sich in die Teilgruppen mit folgender, ebenfalls beibehaltener Bezeichnung:

O A = sämtliche Versuchspersonen der Gruppe O, bei denen eine auswertbare Langzeit-EKG-Aufnahme gewonnen werden konnte. (18 Versuchspersonen)

O Aw = die weiblichen Versuchspersonen der Gruppe O A. (9 Versuchspersonen)

O Am = die männlichen Versuchspersonen der Gruppe O A. (9 Versuchspersonen)

O Bw = die drei weiblichen Versuchspersonen, deren Langzeit-EKG-Aufnahme nicht ausgewertet werden konnte.

3.4.2. Altersverteilung und Körperkonstitution der VP

Unter Berücksichtigung obiger Einteilung ergeben sich folgende Altersverteilungen:

Tab.1 und Tab.2 : Mittelwerte des Alters der VP.

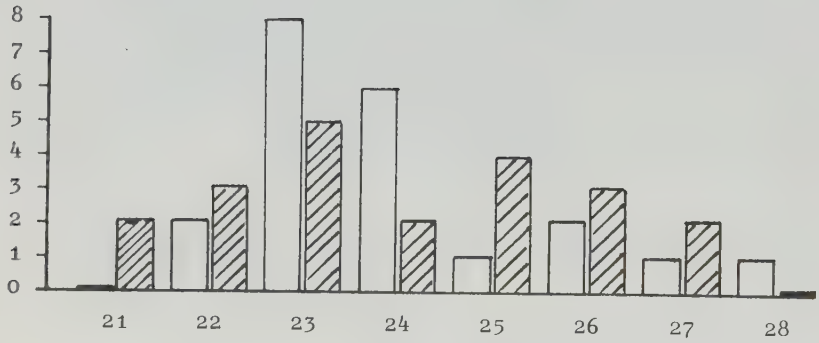
	H	H A	H Aw	H Am	H B	H Bw	H Bm
$\bar{x}$	24,00	24,43	24,14	24,71	23,14	23,67	22,75
Sx	1,58	1,74	1,86	1,70	0,69	0,58	0,50
$S\bar{x}$	0,35	0,47	0,70	0,64	0,26	0,33	0,25
s^2x	2,50	3,03	3,46	2,89	0,48	0,37	0,25

	O	O A	O Aw	O Am	O Bw
$\bar{x}$	23,95	23,89	22,89	24,89	24,33
Sx	1,86	1,97	1,69	1,76	1,15
$S\bar{x}$	0,41	0,46	0,56	0,59	0,67
s^2x	3,46	3,88	2,87	3,10	1,32

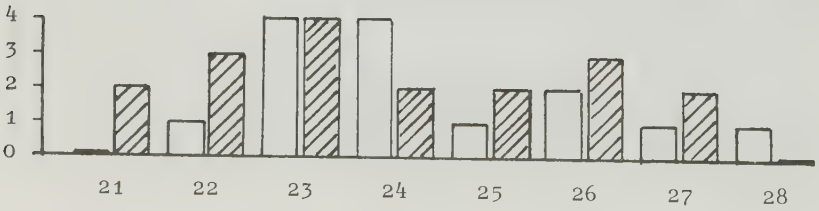
Der Vergleich der korrespondierenden Gruppen miteinander durch den t-Test ergab für $p \leq o,o5$ u. $p \leq 0,01$ keine Signifik.

Graphische Darstellung der Altersverteilung:
Abb. 7

Gruppen H und O



Gruppen H A und O A



Dabei bedeutet H-Gruppen und O-Gruppen

Ein die Konstitution der Versuchspersonen beschreibender Parameter konnte auf folgende Weise gewonnen werden:
Es wurde die Körpergröße und das Körpergewicht der Versuchspersonen bestimmt. Mit Hilfe der Parameter Körpergröße, Alter und Geschlecht wurde aus einem Tabellenwerk (14) das statistisch festgelegte Durchschnittsgewicht Erwachsener ermittelt. Das tatsächliche Körpergewicht wurde mit dem aus der Tabelle bestimmten Durchschnittsgewicht in Beziehung gesetzt und in % des Durchschnittsgewichts ausgedrückt.
Folgende Werte wurden gewonnen:
Tab. 3

Gruppe		Körpergröße in cm	Körpergewicht kg	Durchschn.-gewicht DG kg	% des DG % (xx)
H	$\bar{x}$	173,00	63,62	65,96	96,45
	Sx	9,17	9,77	9,31	
n = 21	$S\bar{x}$	2,00	2,13	2,03	
	S^2x	84,09	95,45	86,69	
H A	$\bar{x}$	171,14	62,93	64,81	97,10
	Sx	8,54	10,74	9,03	
n = 14	$S\bar{x}$	2,28	2,87	2,41	
	S^2x	72,93	115,35	81,54	
H Aw	$\bar{x}$	166,14	56,29	57,64	97,66
	Sx	5,55	5,31	3,78	
n = 7	$S\bar{x}$	2,10	2,01	1,43	
	S^2x	30,80	28,20	14,29	
H Am	$\bar{x}$	176,14	69,57	71,99	96,64
	Sx	8,30	10,89	6,51	
n = 7	$S\bar{x}$	3,14	4,12	2,46	
	S^2x	68,89	118,60	42,38	
H B	$\bar{x}$	176,71	65,00	68,26	95,22
	Sx	9,91	7,26	10,15	
n = 7	$S\bar{x}$	3,75	2,74	3,84	
	S^2x	98,21	52,71	103,02	

Fortsetzung Tab. 3

Gruppe		Körper-größe in cm	Körper-gewicht kg	Durchschn.-gewicht DG kg	% des DG % (xx)
H Bw	$\bar{x}$	166,76	59,67	57,67	103,47
	Sx	4,04	5,03	2,67	
n = 3	$S\bar{x}$	2,33	2,91	1,54	
	S^2x	16,32	25,30	7,13	
H Bm	$\bar{x}$	184,25	69,00	76,20	90,55
	Sx	2,99	6,22	2,28	
n = 4	$S\bar{x}$	1,49	3,11	1,14	
	S^2x	8,94	38,69	5,20	
O	$\bar{x}$	171,57	62,76	64,77	96,90
	Sx	8,54	10,90	9,01	
n = 21	$S\bar{x}$	1,86	2,38	1,97	
	S^2x	72,93	118,81	81,18	
O A	$\bar{x}$	173,22	64,78	66,27	97,75
	Sx	8,03	10,47	8,88	
n = 18	$S\bar{x}$	1,89	2,47	2,09	
	S^2x	64,48	109,62	78,85	
O Aw	$\bar{x}$	167,33	55,67	58,63	94,95
	Sx	6,16	4,33	4,57	
n = 9	$S\bar{x}$	2,05	1,44	1,52	
	S^2x	37,95	18,75	20,89	
O Am	$\bar{x}$	179,00	73,90	73,89	100,01
	Sx	4,66	5,23	3,94	
n = 9	$S\bar{x}$	1,55	1,74	1,31	
	S^2x	21,72	27,35	15,52	
O Bw	$\bar{x}$	161,67	50,67	55,77	90,86
	Sx	3,06	1,15	0,91	
n = 3	$S\bar{x}$	1,76	0,67	0,52	
	S^2x	9,36	1,32	0,83	

Die statistische Aufarbeitung des Parameters - % des DG - ergab:

Tab. 4

Der Vergleich	F	sig	t	$t_{p=0,05}$	$t_{p=0,01}$	sig.
von H mit O	2,04	ø	0,06	2,021	--	ø
- H mit HA	1,05	ø	-0,10	2,035	--	ø
- H mit HB	1,05	ø	0,18	2,056	--	ø
- O mit OA	1,01	ø	-0,42	2,026	--	ø
- HA mit OA	2,12	ø	-0,14	2,042	--	ø
- HA mit HB	1,00	ø	0,22	2,093	--	ø
- HAw mit OAw	1,23	ø	0,60	2,145	--	ø
- HAm mit OAm	8,29	++	(-0,72	2,145)	--	ø
- HAw mit HBw	1,26	ø	-1,05	2,306	--	ø
- HAm mit HBm	2,52	ø	0,82	2,262	--	ø
- OAw mit OBw	5,94	ø	0,84	2,228	--	ø

Die Irrtumswahrscheinlichkeit, daß keine nach F verteilte Größe vorliegt,ist bei + = 0,05 (5 %)

++ = 0,01 (1 %)

3.4.3. Herzkreislaufanamnese und Standard-EKG

Die Erhebung einer Herzkreislaufanamnese unter den Versuchspersonen unter Berücksichtigung folgender Aspekte

- früher durchgemachte Herzkreislauferkrankungen,
- Rheuma, rheumatoide Erkrankungen
- häufige Tonsillitiden (eventuell mit TE)
- Scharlach

zeitigte diese Ergebnisse:

Versuchsperson H 13 Endokarditis mit 7 Jahren.

O 10 labiler vegetativer Hypertonus.

H 1 und O 19 im Kindesalter Glomerulonephritis im Gefolge einer Tonsillitis.

Dazu noch Tab. 5

	Herzkreis-lauferkr.	Rheuma	Tonsillitis	-- mit TE	Scharlach
H A	1	0	9	5	0
H Aw	0	0	3	2	0
H Am	1	0	6	3	0
O A	1	0	11	8	2
O Aw	0	0	7	5	1
O Am	1	0	4	3	1

Das Standard-EKG wurde nach folgenden Kriterien ausgewertet:

- Frequenz
- P - PQ - QRS - QT
- Rhythmus
- Lagetyp (der Lagetyp wurde mittels Projektion des Vektorkardiogramm auf die drei Ableitlinien des Einthoven'schen Dreiecks gewonnen (4); es konnten somit definierte Winkelangaben gemacht werden.

Tab. 6

		Frequenz Schl./min	P sec	PQ sec	QRS sec	QT sec	Typ Grad
H A	$\bar{x}$	67,93	0,10	0,16	0,08	0,39	53,36
	Sx	9,68	-	0,01	0,01	0,02	21,25
	$S\bar{x}$	2,59	-	-	-	0,01	5,68
	S^2x	93,70	-	-	-	-	451,56
H Aw	$\bar{x}$	71,86	0,10	0,16	0,08	0,39	52,36
	Sx	8,41	-	0,01	0,01	0,02	29,24
	$S\bar{x}$	3,18	-	-	-	0,01	11,05
	S^2x	70,73	-	-	-	-	854,98
H Am	$\bar{x}$	64,00	0,10	0,16	0,08	0,39	54,29
	Sx	9,81	-	0,01	0,01	0,02	11,01
	$S\bar{x}$	3,71	-	0,01	-	0,01	4,16
	S^2x	96,24	-	-	-	-	121,22

Fortsetzung der Tab. 6

		Frequenz Schl./min	P sec	PQ sec	QRS sec	QT sec	Typ Grad
O A	$\bar{x}$	70,39	0,10	0,15	0,09	0,39	65,22
	Sx	11,20	-	0,01	0,01	0,03	12,22
	$S\bar{x}$	2,64	-	-	-	0,01	2,88
	S^2x	125,44	-	-	-	-	149,33
O Aw	$\bar{x}$	70,78	0,10	0,16	0,08	0,40	68,78
	Sx	9,35	-	0,01	0,01	0,03	11,55
	$S\bar{x}$	3,12	-	-	-	0,01	3,85
	S^2x	87,42	-	-	-	-	133,40
O Am	$\bar{x}$	70,00	0,10	0,15	0,09	0,38	61,67
	Sx	13,38	-	0,02	0,01	0,04	12,47
	$S\bar{x}$	4,46	-	0,01	-	0,01	4,16
	S^2x	179,02	-	-	-	-	155,50
VP O 4		90	0,10	0,14	0,12[+)]	0,36	60

[+)] in V_1 und V_2 inkompletter Rechtsschenkelblock.

Bei allen Versuchspersonen konnte "Sinusrhythmus" festgestellt werden.

Im t-Test nach STUDENT ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

3.4.4. Lebensgewohnheiten der Versuchspersonen

Hier sollen zum Schluß der Versuchspersonenbeschreibung noch folgende, als Lebensgewohnheiten bezeichnete Faktoren dargestellt werden:

- Betreiben von Leistungssport
- Einnahme eines Frühstücks vor Versuchsbeginn
- Rauchen
- Rauchen vor Versuchsbeginn
- Kaffeekonsum vor Versuchsbeginn
- durchschnittlicher täglicher Kaffeekonsum
- Schlafdauer in der Nacht vor dem Versuch.

Dazu Tab. 7

		H A	H Aw	H Am	O A	O Aw	O Am
Leistungs-sport		6 VP	2 VP	4 VP	4 VP	2 VP	2 VP
Frühstück vor Vers.		13/14	6/7	7/7	17/18	8/9	9/9
Raucher		6/14	1/7	5/7	5/18	3/9	2/9
Rauchen vor Vers.		1/14	1/7	0/7	1/18	0/9	1/9
Kaffeekon.	$\bar{x}$	1,46	1,43	1,50	1,03	0,78	1,28
vor Vers.	Sx	0,93	0,79	1,12	0,70	0,67	0,67
in Tassen	$S\bar{x}$	0,25	0,30	0,42	0,16	0,22	0,22
	S^2x	0,87	0,62	1,25	0,49	0,45	0,45
Kaffeekon-	$\bar{x}$	2,43	2,29	2,57	2,11	2,22	2,00
sum im Ø	Sx	1,99	1,80	2,30	1,53	1,92	1,12
täglich.	$S\bar{x}$	0,53	0,68	0,87	0,36	0,64	0,37
in Tassen	S^2x	3,96	3,24	5,29	2,34	3,69	1,25
Schlafzeit	$\bar{x}$	7,18	6,86	7,50	7,03	7,06	7,00
in d.Nacht	Sx	1,37	0,85	1,76	1,27	1,47	1,12
vor Vers.	$S\bar{x}$	0,37	0,32	0,66	0,30	0,49	0,37
in Stunden	S^2x	1,88	0,72	3,10	1,61	2,16	1,25

Hinsichtlich des Kaffeekonsums und der Schlafdauer in der der Untersuchung vorausgehenden Nacht ergaben sich im t-Test keine signifikannten Unterschiede.

3.5. Der Versuchsablauf

Die Untersuchungen zur Gewinnung einer möglichst großen Anzahl auswertbarer Langzeit-EKG-Aufnahmen fanden für die

Versuchsgruppe H vom 8.6.76 bis 12.6.76 und für die
Versuchsgruppe O vom 29.6.76 bis 6.7.76

in der Bibliothek des Instituts für Arbeitsmedizin, Tübingen, statt.
Für die Versuchsgruppe H standen hierfür sechs Aufnahmegeräte, für die Versuchsgruppe O drei Aufnahmegeräte zur Verfügung.

3.5.1. Vorbereitende Maßnahmen

Vor Beginn des Versuches wurden die Versuchspersonen auf ihre Plätze eingewiesen, wo sie die für ihre Tätigkeit notwendigen Arbeitsmaterialien, Bücher und Schreibzeug, bereitlegten.
Danach wurde von jeder Versuchsperson ein Standard-EKG (I, II, III, aVR, aVL, aVF, V_1 - V_6) mittels eines Sechskanalschreibers aufgezeichnet und vom Untersucher überprüft.
Körpergröße und Körpergewicht wurden bestimmt und auf einem Anamnese-Protokollbogen festgehalten.
Auf die Anlage der Elektroden wurde einige Mühe verwendet:

- Nach sorgfältiger Bestimmung der Elektrodenstelle wurde diese mit einem sehr feinkörnigen Sandpapier abgerieben. Dadurch wurde die oberste Hornschicht der Haut abgeschmirgelt. Ein weiterer, erwünschter Effekt war das reaktive Auftreten eines mittelgradigen, englokalisierten Erythems.
- Zusätzlich wurde diese Hautstelle mit 5%-iger NaCl-Lösung betupft und abgerieben.
- Nach Abtrocknen der NaCl-Lösung wurde zuletzt ein etwa weizenkorngroßes Stückchen einer handelsüblichen Elektrodencreme (Hellige) mit einem Watte-

träger punkförmig in die betreffende Hautstelle einmassiert.

- Unmittelbar danach wurden die gebrauchsfertig gemachten Elektroden auf die so vorbereitete Haut aufgeklebt.

Die verwendeten Elektroden:

Versuchsgruppe H - Dauerklebeelektroden für Erwachsene
Hellige - Zubehör 217 177 01

Versuchsgruppe O - Einmalklebelektroden, Mennen, GREAT BATCH 940-001

Die auf der Haut liegenden Elektroden und die dazugehöri - gen Ableitekabel wurden zusätzlich mit LEUKOPOR (hypoallergen) fixiert.

Für die Elektrodenlokalisation wurden die in Abb. 1 dargestellten Punkte, entsprechend Nehb A (33, 36, 45), benützt:

- Sternalansatz der 2. Rippe rechts
- 5. ICR links, zwischen Medioclavicularlinie und vorderer Axillarlinie.

Eine dritte, indifferente Elektrode (nur beim Hellige-System) wurde so über dem unteren Drittel des Sternum angebracht, daß möglichst wenig Störungen von ihr ausgehen sollten.

Die Tragetaschen für die Aufnahmegeräte wurden angebracht. Es wurde dabei nur der für die Taille vorgesehene Gürtel benützt. Der Schultertragegurt wurde weggelassen, um Störungen, hervorgerufen durch Reibung an den Elektroden, zu vermeiden.

Die Ableitekabel und die Aufnahmegeräte wurden miteinander verbunden: Beim Memoport-Aufnahmegerät (Hellige) war eine zusätzliche Isolation der Steckbuchsen zwischen Gerätekabel und Ableitekabel dringend notwendig und wurde mit Isolierband durchgeführt. Diese Maßnahme konnte beim Medilog-Recorder (Oxford) entfallen.

Die anschließende Eichung und Kalibrierung der Aufnahmegeräte sowie die Messung der Betriebsspannung erfolgte beim

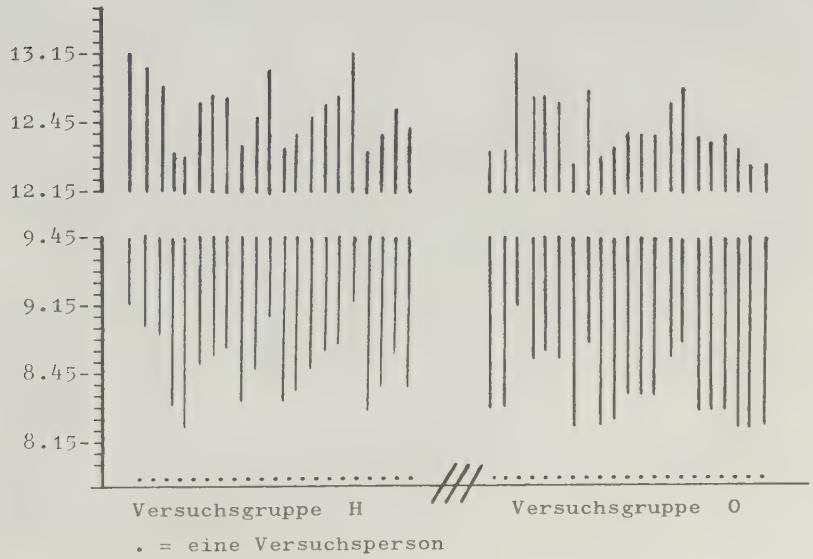
Memoport-System mittels der Analyseneinheit, beim Medilog-System mittels eines kleinen, unkomplizierten Kalibriergeräts (C1 Calibrator, Oxford). Dabei wurde genau so vorgegangen, wie in der jeweiligen Bedienungsanleitung gefordert (18, 28).

Für die beschriebenen Maßnahmen (Hautvorbereitung, Elektrodenbefestigung, Gerätekalibrierung) wurden pro Versuchsperson zwischen 4 Minuten (Oxford) und 8 Minuten (Hellige) benötigt.

Nach Ankleiden und Einnahme der Arbeitsplätze durch die Versuchspersonen wurden gelöschte und zurückgespulte, handelsübliche C 60 Kompaktkassetten in die Aufnahmegeräte eingelegt, die Geräte in Betrieb gesetzt, sorgfältig verschlossen und in der Tragetasche untergebracht. Der Versuchsbeginn wurde auf dem Anamnese-Protokollbogen festgehalten.

Wie Abb. 8 zeigt, variierte der Beginn der Versuchszeit = Ableite- oder Aufnahmezeit zwischen 8^{20} und 9^{15}. Das Versuchsende lag zwischen 12^{20} und 13^{15}.

Abb. 8



3.5.2. Verlauf der Aufnahmezeit

Gleich zu Beginn der Aufnahmezeit wurde bei den Versuchspersonen eine manuelle Pulsfrequenzmessung und die auskultatorische Messung des systolischen und des diastolischen Blutdrucks vorgenommen.
Die Messungen wurden nach der ersten, zweiten und dritten Stunde sowie bei Beendigung der Aufnahmezeit wiederholt, und die Werte festgehalten.
Pulsfrequenz- und Blutdruckverhalten sollen hier als die die Tätigkeit charakterisierenden Parameter herangezogen werden, da zwischen Pulsfrequenz und Blutdruck, also dem dynamischen Herzverhalten einerseits und ausgeführter Tätigkeit andererseits recht gut erkannte Zusammenhänge bestehen.
Die während der Aufnahmezeit durchgeführten Tätigkeiten entsprachen denen der Versuchsplanung (S.21):

- Sitzen (einschließlich der Bewegungen, die bei vierstündigem Sitzen durchgeführt werden, wie Vorwärts- und Rückwärtsbeugen, Lage- und Sitzverbesserungen.)
- Lesen und Schreiben (einschließlich der dazu nötigen Bewegungen, Umblättern, Verschieben, Weglegen oder Aufnehmen von Büchern.)
- Gang zur Toilette (war notwendig
  bei 2 Versuchspersonen der Gruppe HA und
  bei 3 Versuchspersonen der Gruppe OA.)

Die doch relativ große, erreichte Homogenität der durchgeführten Tätigkeiten soll durch folgende Tabellen und Abbildungen dokumentiert werden.

Tab. 8 Werte des systolischen Blutdrucks:

		Vers.-Beginn	nach 1 Std.	nach 2 Std.	nach 3 Std.	Vers.-Ende
H A	$\bar{x}$	114,64	110,36	105,71	104,64	104,29
	Sx	10,09	10,09	7,03	9,09	8,05
	$S\bar{x}$	2,70	2,70	1,88	2,43	2,15
	S^2x	101,81	101,81	49,42	82,63	64,80
H Aw	$\bar{x}$	108,57	102,14	102,14	98,57	98,57
	Sx	8,02	6,99	7,56	8,52	7,48
	$S\bar{x}$	3,03	2,64	2,86	3,22	2,81
	S^2x	64,32	48,86	57,15	72,59	55,95
H Am	$\bar{x}$	120,71	118,57	109,29	110,71	110,00
	Sx	8,38	3,78	4,50	4,50	2,89
	$S\bar{x}$	3,17	1,43	1,70	1,70	1,09
	S^2x	70,22	14,29	20,25	20,25	8,35
O A	$\bar{x}$	114,72	109,44	108,33	107,22	106,39
	Sx	10,07	8,73	9,70	9,11	8,01
	$S\bar{x}$	2,37	2,06	2,29	2,15	1,89
	S^2x	101,41	76,21	94,09	82,99	64,16
O Aw	$\bar{x}$	108,33	105,56	103,89	105,56	103,89
	Sx	8,66	6,95	6,51	8,82	7,82
	$S\bar{x}$	2,89	2,12	2,17	2,94	2,61
	S^2x	75,00	48,30	42,38	77,79	61,15
O Am	$\bar{x}$	121,11	113,33	112,78	108,89	108,89
	Sx	6,97	9,35	10,64	9,61	7,82
	$S\bar{x}$	2,32	3,25	3,55	3,20	2,61
	S^2x	48,58	87,42	113,21	92,35	61,15

Vergleich HA mit OA	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
Vers.-Beg.	1,00	ø	30	-0,02	2,042	---	ø
nach 1 h	1,36	ø	30	0,27	2,042	---	ø
nach 2 h	1,90	ø	30	-0,85	2,042	---	ø
nach 3 h	1,00	ø	30	-0,80	2,042	---	ø
Vers.-End.	1,00	ø	30	-0,74	2,042	---	ø

Tab. 9 Werte des diastolischen Blutdrucks:

		Vers.-Beginn	nach 1 Std.	nach 2 Std.	nach 3 Std.	Vers.-Ende
H A	$\bar{x}$	68,21	64,64	63,93	63,93	64,29
	Sx	7,99	4,58	7,89	7,12	5,14
	$S\bar{x}$	2,14	1,23	2,11	1,90	1,37
	S^2x	63,84	20,89	62,25	50,69	26,42
H Am	$\bar{x}$	71,43	65,00	68,57	67,14	66,43
	Sx	9,88	5,00	7,48	4,88	4,76
	$S\bar{x}$	3,73	1,89	2,83	1,84	1,80
	S^2x	97,61	25,00	55,95	23,81	22,66
H Aw	$\bar{x}$	65,00	64,29	59,29	60,71	62,14
	Sx	4,08	4,50	5,35	7,87	4,88
	$S\bar{x}$	1,54	1,70	2,02	2,97	1,84
	S^2x	16,65	20,25	28,62	61,94	23,81
O A	$\bar{x}$	66,11	66,94	63,89	66,39	65,00
	Sx	8,84	8,93	8,84	9,52	5,69
	$S\bar{x}$	2,08	2,11	2,08	2,24	1,34
	S^2x	78,15	79,75	78,15	90,63	32,38
O Aw	$\bar{x}$	62,78	63,33	61,67	64,44	63,33
	Sx	10,03	8,29	8,66	10,14	4,33
	$S\bar{x}$	3,34	2,76	2,89	3,38	1,44
	S^2x	100,60	68,72	75,00	102,82	18,75
O Am	$\bar{x}$	69,44	70,56	66,11	68,33	66,67
	Sx	6,35	8,46	8,94	9,01	6,61
	$S\bar{x}$	2,12	2,82	2,98	3,00	2,20
	S^2x	40,32	71,57	79,92	81,18	43,69

Ein statistischer Vergleich, wie in Tabelle 8 angeführt, ergab keine signifikanten Unterschiede.

Abb. 9 Graphische Darstellung des Verlaufs des systolischen Blutdrucks.

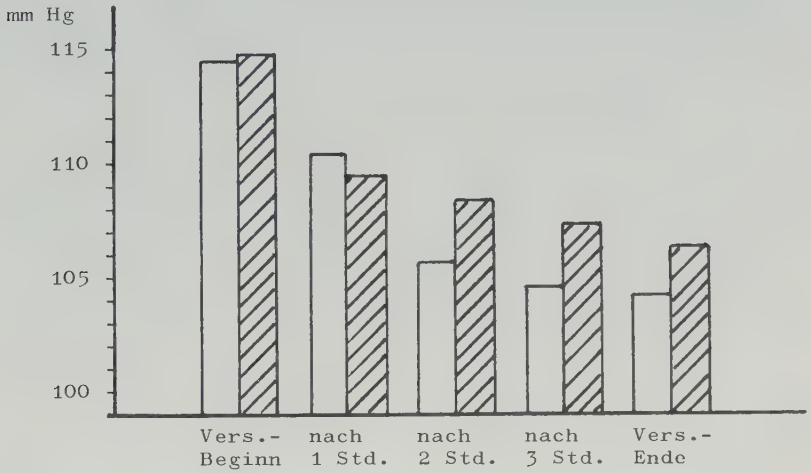
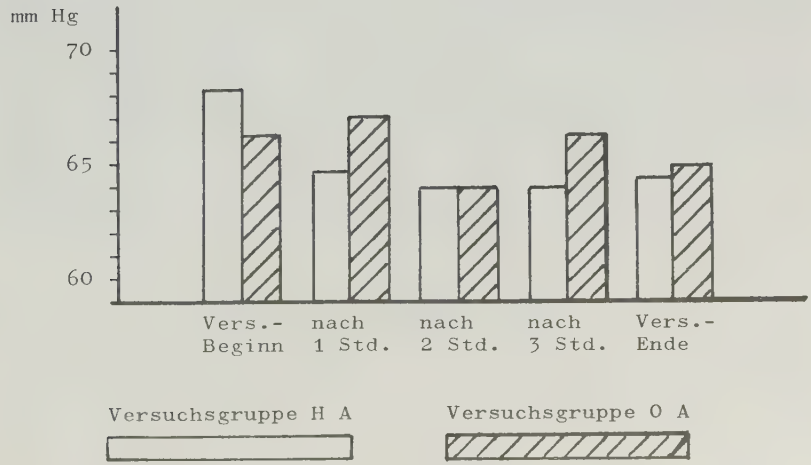


Abb. 10 Graphische Darstellung des Verlaufs des diastolischen Blutdrucks.



Der Vergleich der Blutdruckwerte zu Beginn des Versuches mit denen des Versuchsendes zeigt einen signifikanten Abfall des systolischen Blutdrucks an, während die Werte des diastolischen Blutdrucks relativ konstant bleiben:

Tab. 10 Vergleich der Blutdruckwerte vom Versuchsbeginn (VB) mit denen des Versuchsendes (VE).

Vergleich VB mit VE	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA syst.	1,57	ø	26	3,00	2,056	2,779	§§
diast.	2,42	ø	26	1,55	2,o56	---	ø
OA syst.	1,58	ø	34	2,75	2,032	2,728	§§
diast.	2,42	+	34	0,45	2,032	---	ø
(für F/p=o,o1 = 3,24 ø)							
HAw syst.	1,15	ø	12	2,41	2,179	---	§
diast.	1,43	ø	12	1,19	2,179	---	ø
OAw syst.	1,23	ø	16	1,14	2,120	---	ø 1.)
diast.	5,36	+	16	0,15	2,120	---	ø
(für F/p=o,o1 = 6,03 ø)							
HAm syst.	8,41	+	12	3,20	2,179	3,055	§§
diast.	4,31	+	12	1,22	2,179	---	ø
(für F/p=o,o1 = 8,47 ø)							
OAm syst.	1,26	ø	16	3,50	2,120	2,921	§§
diast.	1,08	ø	16	0,91	2,120	---	ø

(1.) Eine Ausnahme in diesem Verhalten macht die Teilgruppe O Aw.)

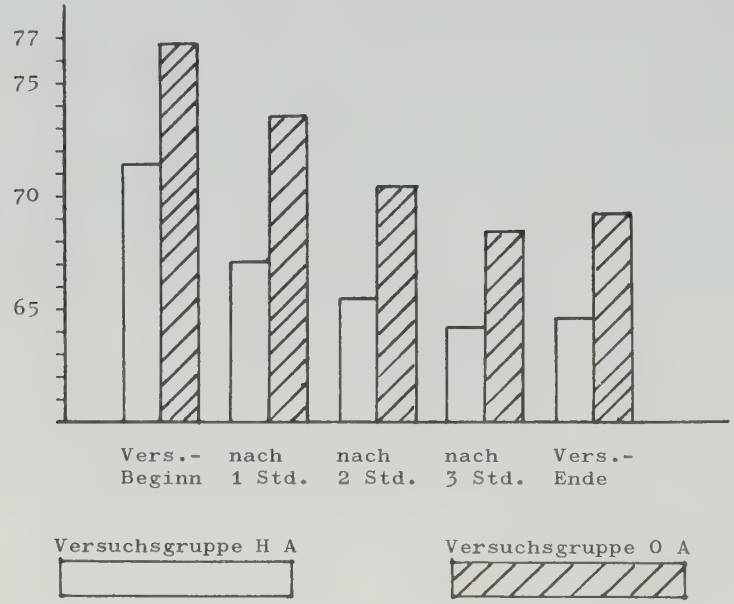
Ein dem systolischen Blutdruck ähnliches Verhalten zeigt die Pulsfrequenz:

Tab. 11 Pulsfrequenzwerte (Schläge pro Minute)

		H A	H Aw	H Am	O A	O Aw	O Am
Vers-	$\bar{x}$	71,43	75,71	67,14	76,78	77,33	76,22
Beg.	Sx	8,46	6,16	8,63	10,87	9,17	12,90
	$S\bar{x}$	2,26	2,33	3,26	2,56	3,06	4,30
	S^2x	71,57	37,95	74,48	118,16	84,09	166,41
nach	$\bar{x}$	67,07	71,57	62,57	73,44	76,44	70,44
1 Std.	Sx	7,97	7,74	5,50	10,49	8,11	12,16
	$S\bar{x}$	2,13	2,93	2,08	2,47	2,70	4,05
	S^2x	63,52	59,91	30,25	110,04	85,77	147,87
nach	$\bar{x}$	65,43	71,43	59,43	70,44	69,78	71,11
2 Std.	Sx	8,54	7,09	4,86	9,25	6,96	11,62
	$S\bar{x}$	2,28	2,69	1,84	2,18	2,32	3,87
	S^2x	72,93	50,27	23,62	85,56	48,44	135,02
nach	$\bar{x}$	64,29	71,14	57,43	68,68	70,89	66,44
3 Std.	Sx	8,90	7,10	3,41	9,00	10,15	7,60
	$S\bar{x}$	2,38	2,69	1,29	2,12	3,38	2,53
	S^2x	79,21	50,41	11,63	81,00	103,62	57,76
Vers.	$\bar{x}$	64,86	70,00	59,71	69,44	71,56	67,33
Ende	Sx	6,83	5,29	3,35	7,06	7,33	6,48
	$S\bar{x}$	1,82	2,00	1,27	1,66	2,44	2,16
	S^2x	46,65	27,98	11,22	49,84	53,73	41,99

Vergleich HA mit OA	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
Vers.-Beg.	1,65	Ø	30	-1,52	2,042	---	Ø
nach 1 h	1,73	Ø	30	-1,89	2,042	---	Ø
nach 2 h	1,17	Ø	30	-1,57	2,042	---	Ø
nach 3 h	1,02	Ø	30	-1,37	2,042	---	Ø
Vers-Ende	1,07	Ø	30	-1,85	2,042	---	Ø

Abb. 11 Graphische Darstellung des Pulsfrequenzverlaufs.



Tab. 12 Vergleich der Pulsfrequenzwerte zu Versuchsbeginn mit denen des Versuchsendes.

Vergleich VB mit VE	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
bei H A	1,53	ø	26	2,26	2,056	2,779	§
- O A	2,37	+	34	2,40	2,032	2,728	§
(für F/p=o,o1 = 3,24 ø)							
- H Aw	1,36	ø	12	1,86	2,179	---	ø
- O Aw	1,57	ø	16	1,48	2,120	---	ø
- H Am	6,64	+	12	2,12	2,179	---	ø
(für F/p=o,o1 = 8,47 ø)							
- O Am	3,96	+	16	1,85	2,120	---	ø
(für F/p=o,o1 = 6,03 ø)							

Die für die Charakterisierung der einzelnen Versuchspersonengruppen notwendigen Daten (siehe Seiten 25 bis 32) wurden während der ersten Viertelstunde der Aufnahmezeit vom Untersucher erfragt und auf dem Anamnese-Protokollbogen festgehalten.

Jeweils um 10^{30} eines jeden Versuchstages wurden außerdem die Werte Lufttemperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchtigkeit gemessen.
(Die Messung des Luftdrucks erfolgte mit einem Dosenbarometer. Die relative Luftfeuchtigkeit und die Lufttemperatur wurden mittels eines "Aspirationspsychrometer nach Assmann, kleines Modell", gemessen und ermittelt.)
Folgende Werte wurden gewonnen:

Tab. 13

	Versuchsgruppe H vom 8.6. bis 12.6.1976			Versuchsgruppe O vom 29.6. bis 6.7.1976		
	Luft-Temp. in ^{o}	Luft-Feucht. in %	Luft-Druck mm Hg	Luft-Temp. in ^{o}	Luft-Feucht. in %	Luft-Druck mm Hg
$\bar{x}$	23,67	66,98	767,33	26,33	54,02	768,36
Sx	0,99	9,05	0,24	0,60	6,20	2,06
$S\bar{x}$	0,22	1,97	0,05	0,13	1,35	0,45
S^2x	0,98	81,90	0,06	0,36	38,44	4,24

Vergleich H mit O	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
L-Temper.	2,72	+	40	-10,55	2,021	2,704	§§
(für F/p=o,o1 = 2,94 Ø)							
L-Feucht.	2,13	+	40	5,41	2,021	2,704	§§
(für F/p=o,o1 = 2,94 Ø)							
L-Druck	73,61	++	40	(-2,62	2,021	2,704	§

Wiederholte Kontrollen der Aufnahmegeräte während der Ableitezeit sollten den Verlust von Aufnahmen in Grenzen halten. Die Versuchspersonen wurden in ihrer Tätigkeit dabei kaum gestört.
Nach Beendigung der vierstündigen Ableitezeit wurden die Aufnahmegeräte abgeschaltet, die Kompaktkassetten geborgen und beschriftet, und die Geräte jeweils für den nächsten Tag wieder aufnahmebereit gemacht.(Reinigung der Andrückrolle, Auswechseln von Batterien etc.)

3.5.3. Die zeitgeraffte Auswertung der Langzeit-EKG-Aufnahmen mit der Wiedergabe- und Analyseneinheit.

Die gewonnenen Langzeit-EKG-Aufnahmen wurden der zeitgerafften Analyse an den jeweiligen Geräten unterzogen. Es wurde dabei wie folgt vorgegangen:
Die Kompaktkassette wurde mit Hilfe des Wiedergabegerätes zurückgespult. An der Analyseneinheit wurden die zu erfassenden Ereignisse über Stellelemente eingestellt. (Siehe Seiten 22 und 23)
Der Analysenvorgang (Durchlauf I) wurde gestartet.
Während bei der Memoport-Analyseneinheit ein automatischer Alarmschreiber alle interessierenden Ereignisse automatisch ausdruckte (- 30 Sekunden Echtzeit -), mußte der analoge Schreiber beim Medilog-System durch einen Druckschalter gestartet werden (- wahlweise vier mal 10 Sekunden Echtzeit, wobei jedes Zehnsekundenintervall einzeln oder in Kombination ausgedruckt wird -).
Die von den Geräten ausgedruckten EKG-Streifen wurden mit der von einer parallellaufenden Digitaluhr angezeigten Uhrzeit versehen und nummeriert, was eine Zuordnung von protokollierter Tätigkeit und Ereignis möglich machen sollte.
Ein zweiter Analysenvorgang (Durchlauf II) wurde, nach Zurückspulen der Kassette und Neueinstellung der Stellelemente, an den ersten angeschlossen.
Hier wurde - die Schreibautomatik des Helligegerätes war

nicht in Betrieb - nur noch jedes zehnte angezeigte Ereignis nach Schalterbetätigung vom Schreiber ausgedruckt. Die für die Auswertung benötigte Zeit wurde festgehalten.

3.5.4. Die manuelle Auswertung der ausgedruckten EKG-Streifen.

Die vom Schreiber ausgedruckten EKG-Streifen wurden einer ziemlich zeitraubenden Handauswertung unterzogen. Dabei wurden die eingestellten Analysekriterien dahingehend kontrolliert, ob ein angezeigtes und somit ausgedrucktes Ereignis im Sinne der Aufgabe "richtig" oder im Sinne der Aufgabe "falsch" angezeigt wurde.
Der erste Schritt dieser Kontrolle war die Festlegung, die Charakterisierung der Ereignisse. Folgende Ereignisse, Stops im Analysengang, wurden unterschieden:

- R-R-Verkürzungen auf $\leq$ 70 % (80 % im Durchlauf II) des aktuellen R-R-Abstandes $\longrightarrow$ Frequenzanstieg.
- R-R-Verlängerungen auf 1,5 Sekunden R-R-Abstand und mehr, entsprechend einem Abfallen der Herzfrequenz auf einen Wert $\leq$ 40 Schläge pro Minute.
- Extrasystolen, die in das eingestellte " 70 % - Fenster " fielen.
- Artefakte (Spikeartige Potentiale, Bewegungsartefakte)

Der zweite Schritt bestand in der Entscheidung "richtig" oder "falsch". Das Vorgehen:

- R-R-Verkürzungen (Abb. 12)
  Verfahren beim Memoport-System Hellige: (Es lagen für jedes Ereignis 30 Sekunden Echtzeit ausgedruckt vor.) Das Ereignis, das den Analysenstop verursacht hatte, wurde aufgesucht. Da die Memoport-Analyseneinheit mehrere R-R-Abstände zur Ermittlung des aktuellen R-R-Abstandes (100 % R-R) braucht, wurden die zehn vor dem Ereignis liegenden R-R-Abstände ausgemessen und gemittelt, und der ausgemessene "Ereignis-R-R-Abstand" dazu in Beziehung gesetzt. Betrug er 70 % oder weniger

des gemittelten R-R-Abstandes, galt das Ereignis als im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannt. Betrug er mehr als 70 % des gemittelten R-R-Abstandes, galt das Ereignis als im Sinne der Aufgabe "falsch".
(Die jeweiligen R-R-Abstände wurden festgehalten, die daraus resultierende Frequenz ermittelt.)
Verfahren beim Medilog-System Oxford: (Es lagen für jedes Ereignis 10 Sekunden Echtzeit ausgedruckt vor.) Da die Analyseneinheit des Medilog-System die R-R-Abstände direkt von R zu R elektronisch ermittelt und nicht mehrere R-R-Abstände zur Aufsummierung benötigt, genügten 10 Sekunden Echtzeit, ausgedruckt, zur Lösung der Aufgabe. Es wurde hier der "Ereignis-R-R-Abstand" mit dem vorangehenden verglichen.
(Auch hier wurden die R-R-Abstände festgehalten und die daraus resultierende Frequenz ermittelt.)

- R-R-Verlängerungen (Abb. 13)
  Das Verfahren war bei beiden Systemen gleich:
  Das Ereignis wurde auf dem EKG-Streifen aufgesucht und der R-R-Abstand ausgemessen. "Richtig" im Sinne der Aufgabe war das Ereignis angezeigt, wenn der R-R-Abstand 1,5 sec und mehr betrug ($\geq$ 37,5 mm bei einem Papiervorschub von 25,0 mm/sec).
  "Falsch" angezeigt im Sinne der Aufgabe war demnach ein R-R-Abstand, der weniger als 37,5 mm betrug, was immer dann vorkam, wenn durch Amplitudenschwächung eine R-Zacke nicht "getriggert" wurde, so daß das Gerät zwei R-R-Abstände als einen betrachtete. In solchen Fällen wurde die Höhe (in %) der übersehenen R-Zacke ermittelt. (Abb. 14)
- Extrasystolen (Abb. 15)
  Die Auswertung geschah analog zur Auswertung der R-R-Verkürzungen.
- Artefakte (Abb. 16)
  Die Auswertung geschah zunächst analog zur Auswertung der R-R-Verkürzungen. Erfüllte dabei ein Artefakt das zeitliche Kriterium der "Richtigkeit", wurde es noch

Abb. 12: R-R-Verkürzung

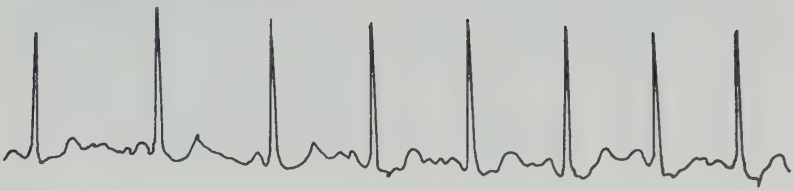


Abb. 13: R-R-Verlängerung

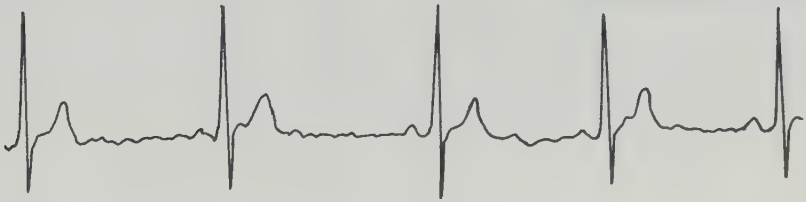


Abb. 14: Amplitudenschwächung

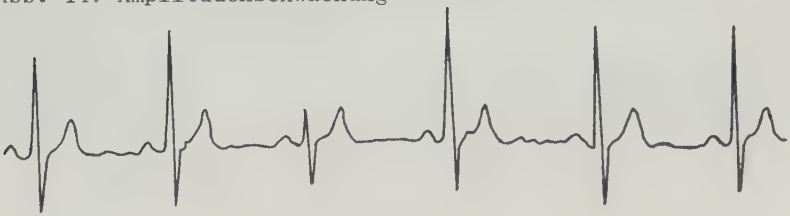


Abb. 15: Extrasystole

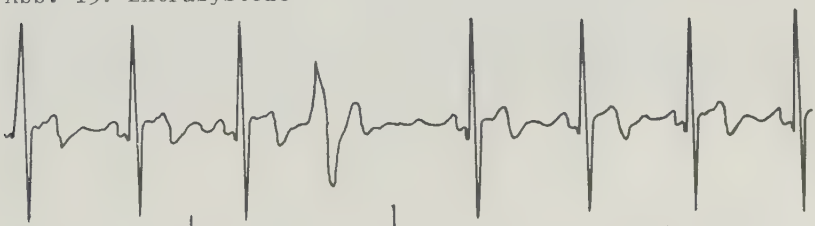


Abb. 16: Artefakte

dahingehend betrachtet, ob es auch genügend "QRS-ähnlich" war, um berechtigterweise vom Analysengerät angezeigt zu werden. Bei dieser Betrachtungsweise spielte also sowohl der R-Artefakt-Abstand als auch der Steilheitsanstieg, die Anstiegsgeschwindigkeit und die Basisbreite eine Rolle.

3.5.5. Statistische Aufarbeitung

Die so gewonnenen Daten wurden aufgelistet und statistisch verarbeitet. Zur Anwendung kamen dabei der

F - Test (Vergleich zweier Varianzen) und der

t - Test (Vergleich zweier Mittelwerte, STUDENT)

(Nähere und umfassendere Erläuterungen und Definitionen mögen der einschlägigen Fachliteratur entnommen werden.)

Für den folgenden Teil der Arbeit sollen folgende Konventionen getroffen werden:

- Die Irrtumswahrscheinlichkeit, daß eine Größe (z.B. das Verhältnis zweier Stichprobenvarianzen aus derselben normalen Grundgesamtheit) nicht nach F verteilt ist, beträgt bei

  \+ = 0,05 (5 %)

  ++ = 0,01 (1 %)

- Die Irrtumswahrscheinlichkeit, daß die Mittelwerte zweier Stichproben nicht gleich sind, beträgt bei

  § = p = 0,05 (5 %)

  §§ = p = 0,01 (1 %)

- Bei den mit (xx) bezeichneten Tabellenspalten wurde wie folgt vorgegangen:
  Die bei den einzelnen Versuchspersonen festgestellten Prozentwerte wurden gemittelt. Nach Feststellung einer vorliegenden F-Verteilung wurden die so gewonnenen Mittelwerte mit dem t-Test nach STUDENT verglichen.

4. Ergebnisse

4.1. Die Bandspeichergeräte

Mit sechs Hellige-Bandspeichergeräten wurden bei 21 Personen vierstündige Langzeit-EKG aufgezeichnet. Bei der nachfolgenden Auswertung mit der Wiedergabeeinheit stellte sich heraus,

- daß 8 Langzeit-EKG-Aufnahmen einwandfrei, d.h. zu 100 % auswertbar waren.
- daß 6 Langzeit-EKG-Aufnahmen beschränkt, d.h. zu 50,8 % bis 88,8 % auswertbar waren.
- daß 7 Langzeit-EKG-Aufnahmen als Totalverluste zu Buche schlugen.

Die Aufnahmen waren so von Artefakten und spikeartigen Potentialen überlagert, daß eine Auswertung durch die Analyseneinheit nicht möglich war.
In zwei Fällen wickelte sich das Band der Kompaktkassette auf die Andrückrolle am Tonkopf auf. Dieser Defekt konnte bei der durchgeführten Gerätekontrolle leicht entdeckt und behoben werden.
Eine Aufschlüsselung der Versager auf die einzelnen Geräte ergab keine überzufällige Häufung:
Tab.14

Aufnahmegerät NR.	Totalverluste	beschränkt auswertbar
1	0	1
2	2	2
3	2	1
4	1	0
5	1	1
6	1	1

Gleichlaufschwankungen der Geschwindigkeit beim Abspielen der Magnetbänder konnten hier nicht festgestellt werden. Der Gleichlauf wurde durch eine auf die Rückseite des Bandes synchron aufgespielte Pilotfrequenz gewährleistet.

Mit drei Medilog-Recorders (Oxford) wurden bei 21 Personen vierstündige Langzeit-EKG-Aufnahmen aufgezeichnet.
Dabei stellte sich heraus,

- daß 17 Langzeit-EKG-Aufnahmen einwandfrei, d.h. zu 100 % auswertbar waren.
- daß 1 Langzeit-EKG-Aufnahme eingeschränkt,d.h. zu 47,1 % auswertbar war.
- daß 3 Langzeit-EKG-Aufnahmen als Totalverlust zu Buche schlugen.

Die aufgetretenen Störungen:
Beim Schließen des Geräts Nr.b hat sich, von außen nicht bemerkbar, die einliegende Kassette leicht verkantet, was die Arrettierung des Spuldorns verursacht und den Bandtransport unmöglich gemacht hat.
Gerät Nr.a: Das Band der Kompaktkassette spulte sich auf die Andrückrolle neben dem Tonkopf auf. (Gerät a verursachte dadurch einen Total- und einen Teilverlust.)
Die Aufschlüsselung der Versager auf die einzelnen Geräte:

Gerät a	1 Totalverlust	1 Teilverlust
Gerät b	1 Totalverlust	
Gerät c	1 Totalverlust	

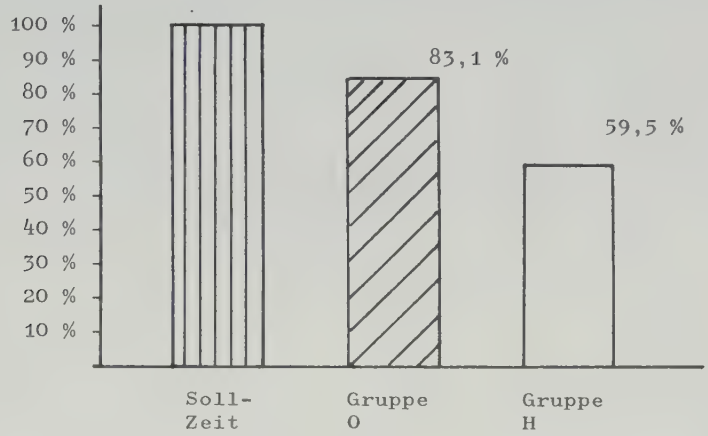
Tab. 15 Versuchszeit pro Person - auswertbare Zeit pro Person.

		Versuchszeit pro Person (min)	auswertbare Zeit pro VP (min)	entspricht in Prozent (%) (xx)
Gruppe	$\bar{x}$	240,76	143,19	59,5
	Sx	3,46	104,08	
H	$S\bar{x}$	0,76	22,71	
	S^2x	11,97	10 833	
Gruppe	$\bar{x}$	240,05	199,52	83,1
	Sx	3,60	87,90	
O	$S\bar{x}$	0,79	19,19	
	S^2x	12,96	7 726	

Fortsetzung Tab. 15 Vergleich der gewonnenen Prozentwerte.

Vergleich	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
H mit O	1,50	ø	40	-1,96	2,021	---	ø

Abb. 17 Graphische Darstellung der auswertbaren Zeit in %.



Die bei dieser Untersuchung verwendeten Medilog-Recorders waren nicht mit einem Pilotfrequenzgeber ausgerüstet, was bei der Wiedergabe über Bandablauf zu teilweise erheblichen Gleichlaufschwankungen führte.

(Durch eine etwas andere Bestückung der Recorder ist es auch beim Oxford-System möglich, über Kanal 4 ein Zeitsignal und die Ereignismarkierung auf Band synchron einzuspielen.)

Dazu siehe Tab. 16

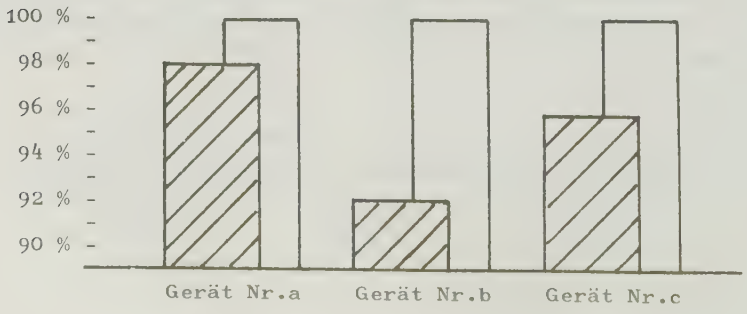
Maßgeblich ist der Quotient (Q) = $\frac{\text{reale Versuchszeit}}{\text{angezeigte Versuchszt.}}$

Tab. 16

		reale Versuchszeit	angezeigte Versuchszeit	Q	Gleichlauf-fehler
Gerät	$\bar{x}$	219,50	225,00	0,98	2 %
	Sx	51,69	48,08		
Nr.a	$S\bar{x}$	21,10	19,63		
	S^2x	2671,90	2311,60		
Gerät	$\bar{x}$	240,83	261,17	0,92	8 %
	Sx	0,98	3,43		
Nr.b	$S\bar{x}$	0,40	1,40		
	S^2x	0,97	11,77		
Gerät	$\bar{x}$	238,00	249,00	0,96	4 %
	Sx	6,42	9,44		
Nr.c	$S\bar{x}$	2,62	3,86		
	S^2x	41,20	89,20		

Vergleich real/angez. Zeit.	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
Gerät Nr.a	1,16	ø	10	- o,19	2,228	---	ø
Gerät Nr.b	12,13	++	(10	-13,96	2,228	3,169	§§)
Gerät Nr.c	2,17	ø	10	- 2,36	2,228	3,169	§

Abb. 18 **Graphische Darstellung Sollzeit - Istzeit der bei Gruppe OA verwendeten Recorder.**



4.2. Ergebnisse der Auswertung - Durchlauf I

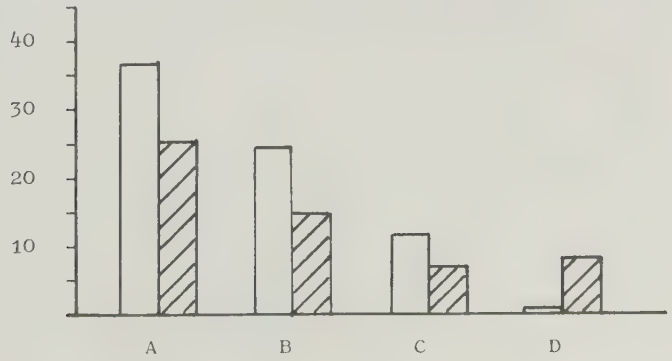
Die im folgenden angeführten Mittelwerte beziehen sich alle auf einen festgelegten Wert von 240 Minuten (= vier Stunden). Wo diese 240 Minuten im Versuchsablauf nicht erreicht wurden, wurde das gewonnene Einzelergebnis vor Mittelung und Weiterverarbeitung auf den jeweiligen 240-Minutenwert umgerechnet.

4.2.1. Grobeinteilung der Ereignisse - Stops im Analysengang

Tab. 17

		Gesamtzahl der Stops bei 70 % (A)	R-R-Verkürzungen gesamt. (B)	Artefakte gesamt (C)	E-Systolen + R-R-Verlängerung. (D)
Gruppe	$\bar{x}$	36,74	24,41	11,43	1 E-Syst.
	Sx	40,92	29,54	26,61	pro 14 VP
H A	$S\bar{x}$	10,94	7,89	7,11	6,4 R-R-
	s^2x	1 674,14	872,51	708,07	Verl./14 VP
Gruppe	$\bar{x}$	25,04	14,72	6,11	78 E-Syst.
	Sx	18,05	15,70	6,17	pro 18 VP
O A	$S\bar{x}$	4,25	3,70	1,46	70 R-R-
	s^2x	325,62	246,54	38,11	Ver./18 VP

Abb.19 Graphische Darstellung der Grobeinteilung



Tab. 18 Richtigkeit der angezeigten Ereignisse

		Gesamtzahl der Ereignisse (A)	davon "richtig" im Sinne d.Aufg. (B)	entsprechen in % der Gesamtz. (C) (xx)
Gruppe	$\bar{x}$	36,74	27,45	74,71
	Sx	40,92	36,29	
H A	$S\bar{x}$	10,94	9,70	
	S^2x	1 674,14	1 316,79	
Gruppe	$\bar{x}$	25,01	19,70	78,77
	Sx	43,05	39,76	
H Aw	$S\bar{x}$	16,27	15,03	
	S^2x	1 852,95	1 580,86	
Gruppe	$\bar{x}$	48,46	35,20	72,64
	Sx	38,13	33,65	
H Am	$S\bar{x}$	14,14	12,72	
	S^2x	1 453,76	1 132,04	
Gruppe	$\bar{x}$	25,04	16,77	66,97
	Sx	18,05	13,54	
O A	$S\bar{x}$	4,25	3,19	
	S^2x	325,62	183,26	
Gruppe	$\bar{x}$	19,66	11,97	60,89
	Sx	13,47	9,30	
O Aw	$S\bar{x}$	4,49	3,10	
	S^2x	181,47	66,51	
Gruppe	$\bar{x}$	30,41	21,57	70,93
	Sx	21,11	15,85	
O Am	$S\bar{x}$	7,04	5,28	
	S^2x	445,60	251,08	

Vergleich der Gesamtzahl der Ereignisse:

	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA mit OA	5,14	++	(30	1,09	2,042	---	ø)
HAw mit OAw	10,21	++	(14	0,35	2,145	---	ø)
HAm mit OAm	3,26	ø	14	1,21	2,145	---	ø

Vergleich der im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten Ereignisse.

	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA mit OA	7,19	++	(30	1,15	2,042	---	ø)
HAw mit OAw	23,76	++	(14	0,57	2,145	---	ø)
HAm mit OAm	4,51	+	14	1,08	2,145	---	ø

Vergleich der im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten Ereignisse, ausgedrückt in % der Gesamtzahl der Ereignisse.

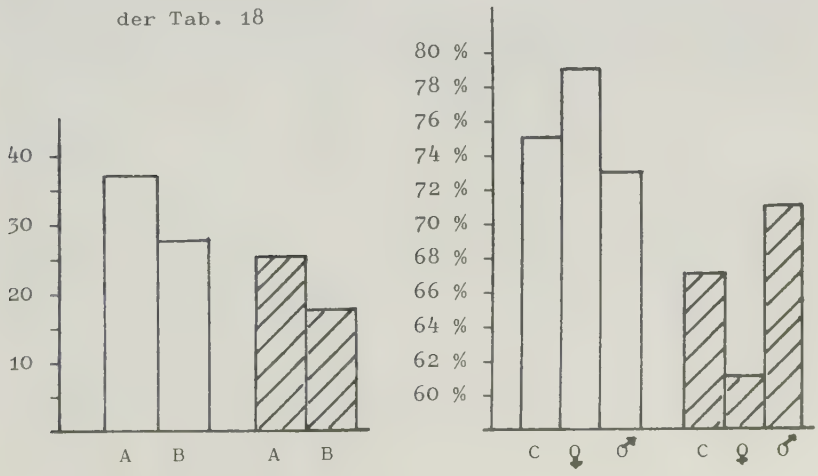
HA mit OA	1,04	ø	30	-0,02	2,042	---	ø
HAw mit OAw	1,43	ø	14	-0,31	2,145	---	ø
HAm mit OAm	1,28	ø	14	-0,42	2,145	---	ø

Die Größen: Gesamtzahl der Ereignisse und die im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten Ereignisse

sind nicht nach F verteilt. (Ausnahmen sind die Teilgruppen H Am und O Am.)

Die für die Beurteilung wichtigen Verhältnisgrößen, ausgedrückt in %, sind nach F verteilt. Die Mittelwerte weisen keinen signifikanten Unterschied auf.

Abb. 20 Graphische Darstellung der Tab. 18



4.2.2. R-R-Verkürzungen - Frequenzanstiege

Tab. 19 Richtigkeit der angezeigten R-R-Verkürzungen:

		R-R-Verkürzungen gesamt (A)	davon "richtig" im Sinne d.Aufg. (B)	entsprechen in % der Gesamtz. (C)(xx)
Gruppe	$\bar{x}$	24,41	16,01	65,59
	Sx	29,54	24,17	
H A	$S\bar{x}$	7,89	6,48	
	S^2x	872,51	583,97	
Gruppe	$\bar{x}$	9,31	4,14	44,47
	Sx	9,49	4,68	
H Aw	$S\bar{x}$	3,59	1,77	
	S^2x	89,99	21,93	
Gruppe	$\bar{x}$	39,50	27,87	70,56
	Sx	35,62	30,25	
H Am	$S\bar{x}$	13,46	11,43	
	S^2x	1 268,92	914,89	
Gruppe	$\bar{x}$	14,72	7,62	51,77
	Sx	15,70	12,83	
O A	$S\bar{x}$	3,70	3,02	
	S^2x	246,54	164,64	
Gruppe	$\bar{x}$	10,40	3,94	37,88
	Sx	8,60	4,36	
O Aw	$S\bar{x}$	2,89	1,45	
	S^2x	73,92	18,97	
Gruppe	$\bar{x}$	19,03	11,29	59,32
	Sx	20,20	17,34	
O Am	$S\bar{x}$	6,73	5,76	
	S^2x	408,05	300,55	

Fortsetzung Tab. 19

Vergleich der Gesamtzahl der R-R-Verkürzungen

Vergleich	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA mit OA	3,54	++	(30	1,20	2,042	---	ø)
HAw - OAw	1,22	ø	14	-0,24	2,145	---	ø
HAm - OAm	3,12	ø	14	1,46	2,145	---	ø

Vergleich der im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten R-R-Verkürzungen :

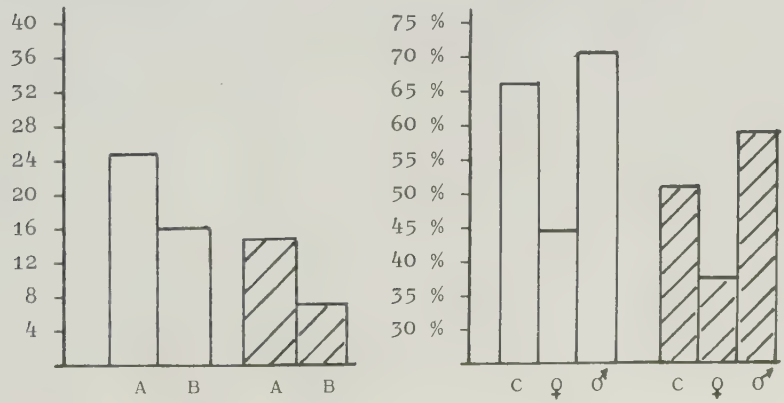
HA - OA	3,54	++	(30	1,27	2,042	---	ø)
HAw - OAw	1,16	ø	14	0,09	2,145	---	ø
HAm - OAm	3,04	ø	14	1,39	2,145	---	ø

Vergleich der im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten R-R-Verkürzungen, ausgedrückt in % der Gesamtzahlen :

HA - OA	1,40	ø	30	0,33	2,042	---	ø
HAw - OAw	1,13	ø	14	-0,16	2,145	---	ø
HAm - OAm	3,39	ø	14	0,80	2,145	---	ø

Hinsichtlich der Richtigkeit der angezeigten R-R-Verkürzungen lassen sich keine signifikanten Unterschiede (bei den entscheidenden Prozentwerten) feststellen.

Abb. 21 Graphische Darstellung der Tab. 19



Genauigkeit der angezeigten R-R-Verkürzungen.
(Die auf Seite 51 und 52 beschriebenen Gleichlaufschwankungen wurden rechnerisch berücksichtigt und für untenstehende Tabellen eliminiert.)

Tab. 20

		aktuell vorliegender R-R-Abst. (= 100 % R-R) (A) mm	stopauslösender R-R-Abst. (B) mm	= Verkürzung auf % des aktuellen R-R-Abst. (C) % (xx)
Gruppe	$\bar{x}$	23,50	15,96	67,91
	Sx	2,42	1,63	
H A	$S\bar{x}$	0,65	0,44	
	S^2x	5,84	2,67	
Gruppe	$\bar{x}$	22,57	15,60	69,11
	Sx	1,78	1,59	
H Aw	$S\bar{x}$	0,67	0,60	
	S^2x	3,18	2,52	
Gruppe	$\bar{x}$	24,43	16,33	66,84
	Sx	2,73	1,72	
H Am	$S\bar{x}$	1,03	0,65	
	S^2x	7,47	2,95	
Gruppe	$\bar{x}$	26,40	18,16	68,78
	Sx	4,02	2,40	
O A	$S\bar{x}$	0,95	0,56	
	S^2x	16,14	5,74	
Gruppe	$\bar{x}$	26,02	17,82	68,49
	Sx	3,75	2,35	
O Aw	$S\bar{x}$	1,25	0,78	
	S^2x	14,05	5,50	
Gruppe	$\bar{x}$	26,78	18,49	69,04
	Sx	4,46	2,54	
O Am	$S\bar{x}$	1,49	0,85	
	S^2x	19,92	6,45	

Empfindlichere Indikatoren für die Genauigkeit stellen die Mittelwerte aller kleinsten und aller größten Überschreitungen der eingestellten 70 % - Grenze dar. Dazu Tab. 21

		kleinste Werte über 70%-Grenze (D) in %	Abweichung in %	größte Werte über 70%-Grenze (E) in %	Abweichung in %
Gruppe	$\bar{x}$	72,22	3,17	79,25	13,21
	Sx	1,78		5,22	
H A	$S\bar{x}$	0,49		1,45	
	S^2x	3,18		27,22	
Gruppe	$\bar{x}$	72,25	3,21	76,37	9,10
	Sx	1,99		4.06	
H Aw	$S\bar{x}$	0,81		1,66	
	S^2x	3,98		16,47	
Gruppe	$\bar{x}$	72,19	3,13	81,71	16,73
	Sx	1,74		5,03	
H Am	$S\bar{x}$	0,66		1,90	
	S^2x	3,03		25,31	
Gruppe	$\bar{x}$	71,58	2,26	78,29	11,84
	Sx	2,14		4,15	
O A	$S\bar{x}$	0,55		1,07	
	S^2x	4,59		17,25	
Gruppe	$\bar{x}$	71,26	1,80	76,37	9,10
	Sx	1,66		3,90	
O Aw	$S\bar{x}$	0,63		1,47	
	S^2x	2,77		15,19	
Gruppe	$\bar{x}$	71,86	2,66	79,96	14,23
	Sx	2,57		3,82	
O Am	$S\bar{x}$	0,97		1,35	
	S^2x	6,61		14,61	

Tab. 22 Statistischer Vergleich der Parameter C, D, E, aus Tabellen 20 und 21.

Parameter C :

Vergleich	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA - OA	1,31	ø	30	0,05	2,042	----	ø
HAw - OAw	1,44	ø	14	0,08	2,145	----	ø
HAm - OAm	2,82	ø	14	0,00	2,145	----	ø

Parameter D :

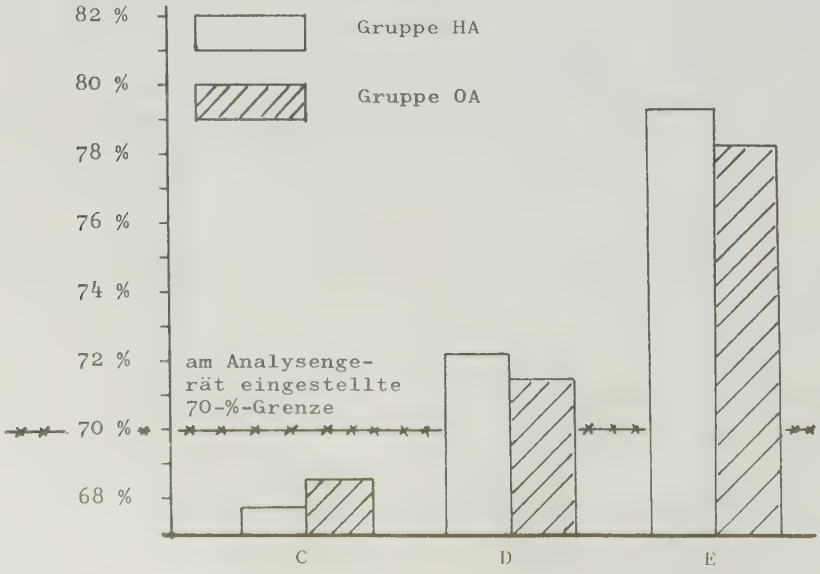
HA - OA	1,44	ø	30	0,85	2,042	----	ø
HAw - OAw	1,44	ø	14	0,98	2,145	----	ø
HAm - OAm	2,18	ø	14	0,28	2,145	----	ø

Parameter E :

HA - OA	1,58	ø	30	0,54	2,042	----	ø
HAw - OAw	1,08	ø	14	0,00	2,145	----	ø
HAm - OAm	1,73	ø	14	0,77	2,145	----	ø

Die einzelnen Parameter sind nach F verteilt. Die Mittelwerte sind nicht signifikant verschieden.

Abb. 22 Graphische Darstellung der Tab. 20 und 21



4.2.3. R-R-Verlängerungen

Tab. 23

Folgende Summenzahlen wurden bei der Auswertung gefunden:

	Gesamtzahl	im Sinne d. Aufgabe "richtige"	im Sinne d. Aufgabe "falsche"	relative Höhe des R b."falsch" angezeigt.
Gruppe H A	6,4	3,4	3,0	kleiner
H Aw	0	0	0	als
H Am	6,4	3,4	3,0	33 %
Gruppe O A	70,0	63,9	6,1	kleiner
O Aw	15,2	12,1	3,1	als
O Am	54,8	51,8	3,0	28 %

Das "Übersehen einer R-Zacke infolge einer Amplitudenabschwächung führte in insgesamt 9,1 Fällen zur Auslösung eines im Sinne der Aufgabe "falschen" Ereignisses.

4.2.4. Extrasystolen

Tab. 24

Folgende Summenzahlen wurden bei der Auswertung gefunden:

	gesamt	ventrikul.	supravent.	AV-Knoten
Gruppe H A	1	-	-	1
H Aw	1	-	-	1
H Am	-	-	-	-
Gruppe O A	78	77	1	-
O Aw	5	4	1	-
O Am	73	73	-	-
Vers.P.O 4	70	70	-	-

Die hohe Zahl der Extrasystolen in der Versuchsgruppe OA bzw. O Am ist auf die Versuchsperson O 4 zurückzuführen, die auf Seite 85 noch gesondert besprochen wird.

4.2.5. Artefakte

Tab. 25

		Gesamtzahl der Artefakte	im S.d.A. "richtig" erkannte	im S.d.A. "falsch" erkannte	Prozentsatz d.Artef.an d. Gesamtzahl d. Ereignisse (xx)
Gruppe	$\bar{x}$	11,43	11,31	0,12	31,11
	Sx	26,61	26,34	0,27	
H A	$S\bar{x}$	7,11	7,04	0,07	
	S^2x	708,07	893,80	0,07	
Gruppe	$\bar{x}$	15,86	15,63	0,23	63,41
	Sx	37,69	37,30	0,38	
H Aw	$S\bar{x}$	14,24	14,10	0,14	
	S^2x	1420,38	1391,65	0,14	
Gruppe	$\bar{x}$	7,00	7,00	-	14,44
	Sx	8,25	8,25	-	
H Am	$S\bar{x}$	3,12	3,12	-	
	S^2x	68,00	68,00	-	
Gruppe	$\bar{x}$	6,11	5,23	0,88	24,40
	Sx	6,17	6,14	2,26	
O A	$S\bar{x}$	1,46	1,45	0,53	
	S^2x	38,11	37,76	5,10	
Gruppe	$\bar{x}$	7,24	6,26	0,98	36,83
	Sx	8,06	8,03	2,65	
O Aw	$S\bar{x}$	2,69	2,68	0,88	
	S^2x	64,97	64,54	7,00	
Gruppe	$\bar{x}$	4,98	4,21	0,77	16,37
	Sx	3,62	3,65	1,95	
O Am	$S\bar{x}$	1,21	1,22	0,65	
	S^2x	13,13	13,35	3,82	

Fortsetzung Tab. 25

Prozentsatz der Artefakte an der Gesamtzahl der Ereignisse:

(xx)	H A und O A	H Aw und O Aw	H Am und O Am
$\bar{x}$	27,76	50,12	15,41

Vergleich der Gesamtzahl der Artefakte :

	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA - OA	18,58	++	(30	0,82	2,042	---	ø)
HAw - OAw	21,92	++	(14	0,67	2,145	---	ø)
HAm - OAm	5,18	+	14	0,66	2,145	---	ø

Vergleich der im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten Artefakte:

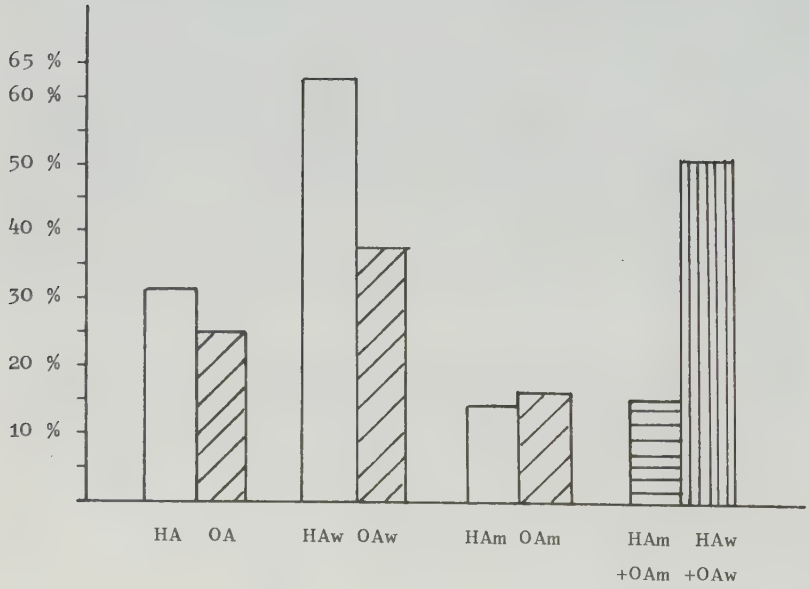
HA - OA	23,67	++	(30	0,95	2,042	---	ø)
HAw - OAw	21,56	++	(14	0,74	2,145	---	ø)
HAm - OAm	5,09	+	14	0,91	2,145	---	ø

Vergleich des Prozentsatzes der Artefakte an der Gesamtzahl der stopauslösenden Ereignisse:

HA - OA	1,25	ø	30	-0,20	2,042	---	ø
HAw - OAw	1,33	ø	14	-0,08	2,145	---	ø
HAm - OAm	1,16	ø	14	-0,25	2,145	---	ø
HAw - HAm	2,88	ø	12	1,00	2,179	---	ø
OAw - OAm	2,52	ø	16	1,19	2,120	---	ø
HAw + OAw mit HAm + OAm	2,69	+	30	1,61	2,042	---	ø

Die Größen Gesamtzahl und "richtig" erkannte Artefakte weisen eine von F verschiedene Verteilung auf.
Die Prozentgrößen sind, mit einer Ausnahme, nach F verteilt. Deren Mittelwerte sind nicht signifikant verschieden.

Abb. 23 Graphische Darstellung
Prozentsatz der Artefakte an der Gesamtzahl der stopauslösenden Ereignisse:



4.2.6. Zeitaufwand beim Auswerten

Der für die Auswertung des Durchlauf I nötige Zeitaufwand ist in Tabelle 26 aufgeführt. In dieser Gesamtzeit sind enthalten:

- Zeit für das Rückspulen der Kassette und für den Analysengang
- Zeit für die Auswertung von Hand.

Parameter für den Zeitaufwand ist die Größe $\frac{\text{benötigte Zeit}}{\text{Zahl d. Ereig.}}$

Tab. 26

	HA (min/Stop)	OA (min/Stop)
$\bar{x}$	4,86	4,01
Sx	3,35	2,55
$S\bar{x}$	0,90	0,60
S^2x	11,23	6,52

Beide Größen sind nach F verteilt. $t_{(df = 30)} = 0,82$

$t_{p=o,o5} = 2,042$ ø

Im Falle des Hellige-Systems ist die Anwesenheit des Untersuchers nicht notwendig, da Analysen- und Schreibvorgang automatisch ablaufen.
Beim Oxford-System ist die Anwesenheit des Untersuchers erforderlich, weil jeder Schreibvorgang durch Knopfdruck ausgelöst werden muß. Der Analysenvorgang wird danach über eine weitere Drucktaste wieder gestartet.
(Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde bei der Gewinnung obiger Zahlen die Anwesenheit des Untersuchers bei beiden Systemen angenommen.)
Der den Schreibvorgang auslösende Druckschalter (Oxford) gab verschiedentlich Anlaß zum Ärger: Der Schalter besitzt zwei Eindrückphasen: Das Überwinden des ersten Druckpunktes führt zum Ausschreiben von 10 sec., das Weiterdrücken und Überwinden des zweiten Druckpunktes zum Ausschreiben von 20 sec. Echtzeit.

Tab. 27 Verhalten des Schreiberschalters:

	Gesamtzahl d. Ereignisse (GZ)	vom Schalter "richtig" befolgt	vom Schalter "falsch" befolgt	Fehler in % der GZ
$\bar{x}$	25,04	19,49	5,55	22,47
Sx	18,05	14,04	5,39	
$S\bar{x}$	4,25	3,31	1,27	
S^2x	325,62	197,09	29,08	

4.3. Ergebnisse der Auswertung - Durchlauf II

Tab. 28 Gesamtzahl der Ereignisse bei eingestellter 80-%-R-R-Grenze.

	H A	H Aw	H Am	O A	O Aw	O Am
$\bar{x}$	100,71	85,26	116,17	174,33	194,06	154,64
Sx	42,81	46,62	35,21	94,77	97,64	93,23
$S\bar{x}$	11,44	17,62	13,31	22,34	32,55	31,08
S^2x	1832,40	2173,21	1239,51	8981,25	9533,90	8691,95

Vergleich der Gesamtzahl der Ereignisse:

	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA - OA	4,90	++	(30	-2,69	2,042	2,750	§)
HAw - OAw	4,39	+	14	-2,71	2,145	2,977	§
HAm - OAm	7,01	+	14	-1,03	2,145	---	ø

Zur Ermittlung der Richtigkeit der angezeigten Ereignisse wurden die in Durchlauf I gewonnenen EKG-Streifen sowie die bei Durchlauf II erhaltenen Kontrollstreifen herangezogen. Auf den Kontrollstreifen wurde jedes zehnte Ereignis, das einen Stop im Analysengang hervorrief, festgehalten. Die Einzelereignisse sollen hier nicht charakterisiert, sondern nur auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Tab. 29 Richtigkeit der angezeigten Ereignisse:

		Zahl der geschriebenen Ereignisse.	davon im Sinne der Aufgabe "richtig"	entsprechen in % der geschriebenen Ereignis.
Gruppe	$\bar{x}$	41,14	38,36	93,24
	Sx	37,38	36,25	
H A	$S\bar{x}$	9,99	9,69	
	S^2x	1397,52	1314,25	
Gruppe	$\bar{x}$	37,57	33,57	89,35
	Sx	36,99	35,94	
H Aw	$S\bar{x}$	13,98	13,58	
	S^2x	1367,95	1291,62	
Gruppe	$\bar{x}$	44,71	43,14	96,49
	Sx	40,38	38,76	
H Am	$S\bar{x}$	15,26	14,65	
	S^2x	1630,24	1502,48	
Gruppe	$\bar{x}$	32,44	28,56	88,04
	Sx	16,53	15,05	
O A	$S\bar{x}$	3,90	3,55	
	S^2x	273,32	226,38	
Gruppe	$\bar{x}$	28,56	24,44	85,57
	Sx	12,97	10,97	
O Aw	$S\bar{x}$	4,32	3,66	
	S^2x	168,28	120,28	
Gruppe	$\bar{x}$	36,33	32,67	89,93
	Sx	19,46	17,87	
O Am	$S\bar{x}$	6,49	5,96	
	S^2x	378,50	319,19	

Fortsetzung Tab. 29

Vergleich der Zahl der ausgeschriebenen Ereignisse:

	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA - OA	5,11	++	(30	0,89	2,042	---	Ø)
HAw - OAw	8,13	++	(14	0,68	2,145	---	Ø)
HAm - OAm	4,31	+	14	0,55	2,145	---	Ø

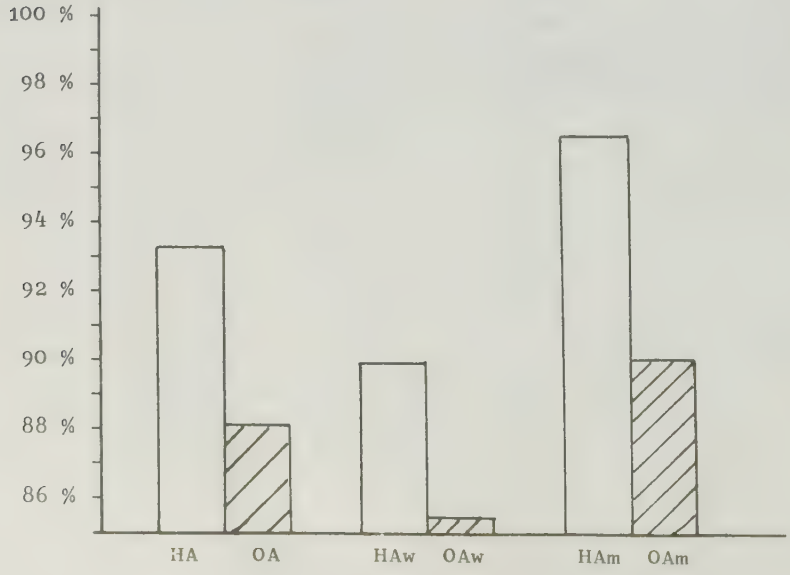
Vergleich der im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten Ereignisse:

HA - OA	5,80	++	(30	1,04	2,042	---	Ø)
HAw - OAw	10,74	++	(14	0,73	2,145	---	Ø)
HAm - OAm	4,70	+	14	0,72	2,145	---	Ø

Vergleich der entsprechenden Prozentzahl:

HA - OA	1,22	Ø	30	1,50	2,042	---	Ø
HAw - OAw	2,56	Ø	14	0,70	2,145	---	Ø
HAm - OAm	5,45	+	14	1,58	2,145	---	Ø

Abb. 24 Graphische Darstellung der Richtigkeit der angezeigten Ereignisse (Prozentwerte)



Tab. 30 Genauigkeit der angezeigten Ereignisse

Parameter für die Genauigkeit sind, analog zu Tab. 20 und Tab. 21, die Werte der durchschnittlichen R-R-Verkürzung und die Werte der größten Überschreitung der 80-%-R-R-Grenze.

		durchschnittliche R-R-Verkürzung auf %	größte Werte über der 80-%-Grenze	Abweichung in %
Gruppe	$\bar{x}$	74,85	85,18	6,46
	Sx	1,36	3,04	
H A	$S\bar{x}$	0,36	1,01	
	S^2x	1,85	9,22	
Gruppe	$\bar{x}$	74,84	85,22	6,53
	Sx	1,64	2,85	
H Aw	$S\bar{x}$	0,62	1,28	
	S^2x	2,70	8,14	
Gruppe	$\bar{x}$	74,86	85,13	6,41
	Sx	1,14	3,71	
H Am	$S\bar{x}$	0,43	1,85	
	S^2x	1,31	13,73	
Gruppe	$\bar{x}$	76,22	84,32	5,48
	Sx	2,10	3,03	
O A	$S\bar{x}$	0,49	0,78	
	S^2x	4,41	9,31	
Gruppe	$\bar{x}$	76,97	85,09	6,36
	Sx	1,53	3,15	
O Aw	$S\bar{x}$	0,51	1,19	
	S^2x	2,35	9,94	
Gruppe	$\bar{x}$	75,48	83,68	4,60
	Sx	2,40	2,92	
O Am	$S\bar{x}$	0,80	1,04	
	S^2x	5,76	8,65	

Fortsetzung Tab. 30

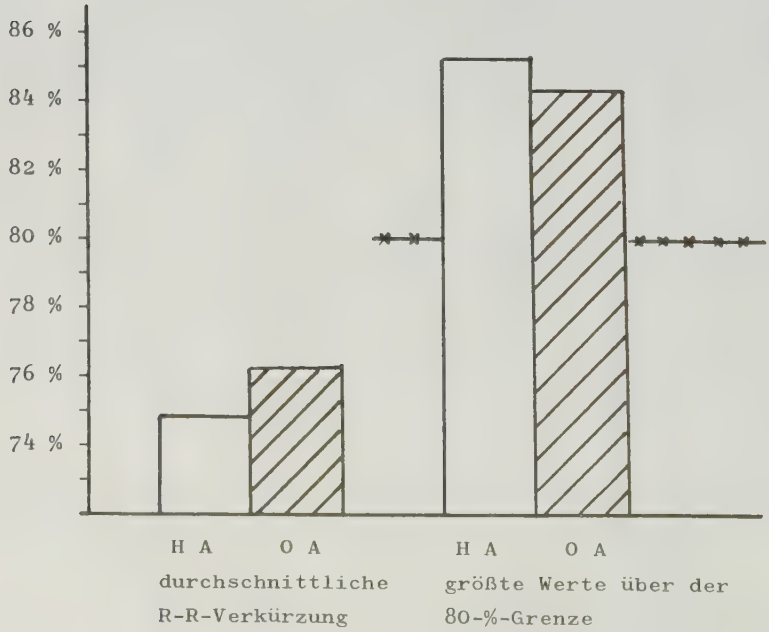
Vergleich der durchschnittlichen R-R-Verkürzung.

	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA - OA	2,38	ø	30	-2,12	2,042	2,750	§
HAw - OAw	1,15	ø	14	-2,67	2,145	2,977	§
HAm - OAm	4,40	+	14	-0,63	2,145	---	ø

Vergleich der größten Werte über der 80-%-Grenze

HA - OA	1,00	ø	30	0,66	2,042	---	ø
HAw - OAw	1,22	ø	14	0,08	2,145	---	ø
HAm - OAm	1,59	ø	14	0,74	2,145	---	ø

Abb. 25 Graphische Darstellung der Tab. 30



4.4. Kurze Zusammenfassung der kardiologischen Ergebnisse

Die in Tabelle 20 (A, B) aufgeführten R-R-Abstandsverkürzungen ergeben, auf Frequenzwerte umgerechnet, folgende Zahlen:

Tab. 31

		H A	H Aw	H Am	O A	O Aw	O Am
Aktuell	$\bar{x}$	63,89	66,04	61,70	58,02	58,43	57,6o
vorliegen-	Sx	5,91	5,50	6,25	8,19	6,92	9,71
de Frequ.	$S\bar{x}$	1,58	1,91	2,36	1,93	2,31	3,24
(≙Tab.20A)	S^2x	34,96	25,66	39,08	67,02	47,82	94,21
Frequenz	$\bar{x}$	91,92	95,36	88,49	80,58	82,68	78,48
z.Zt. des	Sx	8,57	8,75	7,48	10,89	12,68	9,01
Stops.	$S\bar{x}$	2,29	3,31	2,83	2,57	4,23	3,00
(≙Tab.20B)	S^2x	73,67	76,50	56,00	118,54	160,89	81,09

Vergleich der aktuell vorliegenden Frequenzen:

	F	sig	df	t	$t_{p=o,o5}$	$t_{p=o,o1}$	sig
HA - OA	1,92	ø	30	2,25	2,042	2,750	§
HAw - OAw	1,86	ø	14	2,44	2,145	2,977	§
HAm - OAm	2,41	ø	14	0,97	2,145	---	ø

Vergleich der Frequenzen zur Zeit des Stops (= des Ereign.)

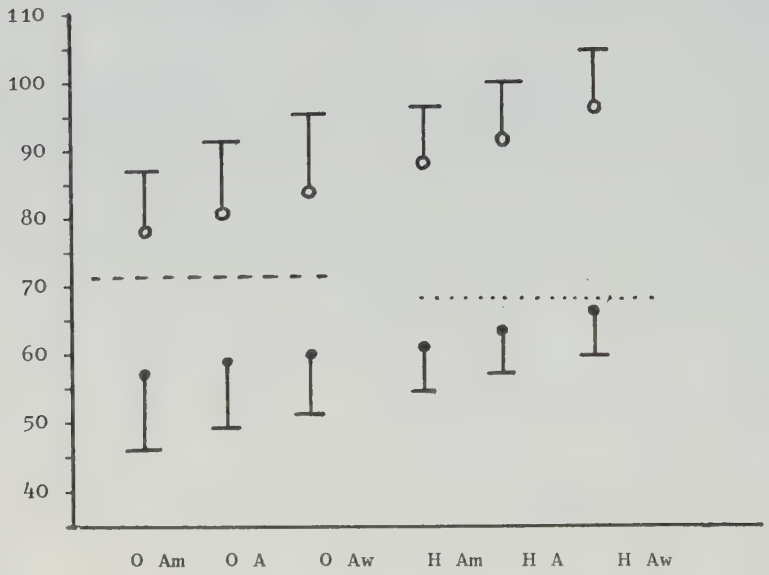
HA - OA	1,61	ø	30	3,20	2,042	2,750	§§
HAw - OAw	2,10	ø	14	2,25	2,145	2,977	§
HAm - OAm	1,45	ø	14	2,37	2,145	2,977	§

Die Größen sind alle nach F verteilt. Bei den aktuell vorliegenden Frequenzen sind die Werte der Versuchsgruppen H A und HAw signifikant höher als die der analogen Versuchsgruppen O A und OAw.

Bei den Frequenzen zur Zeit des Stops im Analysengang sind die Werte der Versuchsgruppen H A hochsignifikant, die der Versuchsgruppen HAw und HAm signifikant höher als die der analogen Versuchsgruppen.

Abb. 26 Graphische Darstellung der Tabelle 31 .

Frequenz:



Aufgetragen sind die Mittelwerte ($\bar{x}$) der "aktuellen Frequenz" (•) und die Mittelwerte ($\bar{x}$) der "Frequenzen zur Zeit des Stops" im Analysengang (o). Außerdem sind die Standardabweichungen (Sx) derart aufgetragen, daß eine obere ‾‾‾ und eine untere ___ Grenze durch die Standardabweichung gebildet wird.

Als waagrechte Linien sind des weiteren eingezeichnet die Mittelwerte aller manuellen Pulsmessungen

von Versuchsgruppe H A .....

und von Versuchsgruppe O A ----------

Tab. 32

Einzelergebnisse der in Tabellen 23 und 24 summarisch dargestellten Sachverhalte.
(Begründung für die Dezimalstellen siehe Eingangsbemerkung auf Seite 53.)

Versuchsperson	"richtig" erkannte R-R-Verlängerungen = Frequenz 40/min	Extrasystolen
H 8 ♀	---	1 Av-Knoten-E-Syst.
H 5 ♂	3,4	---
O 1 ♀	---	1 supraventrikuläre
O 3 ♀	1,1	---
O 7 ♀	---	1 ventrikuläre
O 9 ♀	---	1 ventrikuläre
O 16 ♀	2,0	1 ventrikuläre
O 21 ♀	9,0	1 ventrikuläre
O 2 ♂	3,0	---
O 4 ♂	1,0	70 ventrikuläre
O 6 ♂	23,8	---
O 10 ♂	16,0	2 ventrikuläre
O 12 ♂	6,0	---
O 13 ♂	---	1 ventrikuläre
O 19 ♂	2,0	---

Versuchsperson O 4 wird im Rahmen des nächsten Kapitels noch einmal Erwähnung finden.

5. Diskussion der Ergebnisse

Im Abschnitt 3.1. Methodische Überlegungen habe ich auf die Wichtigkeit einer objektiven Vergleichbarkeit der beiden Testgruppen und der Versuchsbedingungen hingewiesen. Die von mir aufgestellten Forderungen nach Vergleichbarkeit der beiden Versuchsgruppen H und O , bzw. HA und OA , hinsichtlich der Parameter

- Alter und Körperkonstitution
- Herzkreislaufanamnese und Standard-EKG
- die den Versuch tangierenden Lebensgewohnheiten der Versuchspersonen

sehe ich in hohem Maße erfüllt (Tabellen 1-7, Abb. 7). Die Versuchsbedingungen, denen beide Versuchsgruppen unterworfen waren, konnten überaus ähnlich gehalten werden. Der Beginn der Versuchszeiten und somit auch das Ende des Versuchs konnten innerhalb der festgesetzten Grenzen gehalten werden (Abb. 8). Die während der Versuchszeit manuell gewonnenen Werte von Blutdruck und Puls sollen, das sei ausdrücklich vermerkt, nicht überbewertet werden. Sie lassen jedoch auf Grund ihres sehr ähnlichen Verlaufs den Schluß zu, daß auch die körperliche Reaktion der Versuchspersonen, insbesondere die Reaktion der Herzkreislaufregulationsmechanismen auf die Versuchsbedingungen sehr ähnlich und damit vergleichbar waren (Tab. 8-12, Abb. 9-11). In wieweit sich die statistischen Unterschiede der von mir erhobenen metereologischen Daten (Tab.13) auf die Versuchsergebnisse ausgewirkt haben, darüber lassen sich meines Erachtens keine gesicherten Aussagen machen. Sie stellen deshalb vielmehr ein spekulatives Element dar, das zwar in die Diskussion eingebracht, in seiner Wertigkeit aber nicht überschätzt werden darf.

Die aufgestellte Forderung nach der Vergleichbarkeit der zu untersuchenden Testparameter wurde durch willkürliche, an anderer Stelle beschriebene, identische Einstellungen an den Geräten erfüllt.
Der an anderer Stelle (45) beschriebenen Störanfälligkeit der Aufnahmegeräte fielen auch bei diesen zwei Versuchsserien immerhin

40,5 % der Aufnahmezeit beim Hellige-System
und 16,9 % der Aufnahmezeit beim Oxford-System

zum Opfer. Dabei müssen jedoch zwei Störungsmöglichkeiten gesondert betrachtet werden:

- mechanisch bedingte Störungen
- elektrisch bedingte Störungen.

Bei den mechanisch bedingten Störungen imponierten je zwei Fälle, sowohl beim Memoport-System Hellige als auch beim Medilog-System Oxford, bei denen sich entweder die Kompaktkassette durch Deckeleinwirkung verklemmt, oder sich das Band der Kompaktkassette um die Andrückrolle am Tonkopf aufgewickelt hat. In beiden Fällen war der Defekt von außen für den Untersucher nicht sichtbar. Nur ein Öffnen des Gehäusedeckels macht die Störung sichtbar, beinhaltet aber auch die Gefahr einer erneuten Verklemmung.
Für die zweite Art der Störung, nämlich die elektrisch bedingte, konnte keine einleuchtende Erklärung gefunden werden. Auffällig jedoch ist, daß diese Art Störung nur beim Memoport-System zu Totalausfällen geführt hat. Eine mögliche Erklärung dieses Umstands könnte in der Benützung zweier verschiedener, für die einzelnen Systeme charakteristischer Elektrodenarten liegen:
Die für das Hellige-System benützen, von der Fa. Hellige selbst empfohlenen Dauerklebeelektroden bestehen aus wenig elastischem Hartkunststoff. Sie werden mittels beidseitig klebender Kleberinge festgehalten.Die beim Oxford-System verwendeten MENNEN Great Batch sind selbstklebende Einmalklebeelektroden aus anschmiegsamem Schaumstoff.

Denkbar wäre nun ein leichtes Verkanten und Abheben der starren Elektroden vom Kontaktpunkt, hervorgerufen durch leichte Bewegungen, d.h. Verschiebungen der Haut gegenüber darunterliegenden Skeletteilen, was besonders bei asthenischen Versuchspersonen mit wenig Unterhautfettgewebe leicht vorstellbar ist.
Eine Überprüfung des die Konstitution beschreibenden Parameters (% des DG in Tab. 3) auf diesen Umstand ergab bei den vier männlichen Versuchspersonen (Gruppe HBm) zwar einen Hinweis, aber keine gesicherte Aussage, die diese Vermutung stützen könnte.
An anderer Stelle (9) beschriebene, durch Reibung zwischen Bekleidung und Elektroden hervorgerufene Störungen können meines Erachtens ausgeschlossen werden, weil alle Elektroden zusätzlich mit Leukopor^{R} gesichert waren. Eine Elektrodenlockerung war bei dieser vorgenommenen Zusatzbefestigung nicht möglich. Alle Elektroden hafteten bei Versuchsende noch fest und dauerhaft an den Versuchspersonen.
Interessant und vielleicht auch erfolgversprechend wäre eine Benützung der MENNEN Great Batch in Verbindung mit Memoport Aufnahmegeräten, was allerdings - technisch machbar - die Konstruktion eines Adapters erfordern würde.

Durch Aufspielen einer Pilotfrequenz auf die zweite zur Verfügung stehende Spur konnten bei den Hellige Aufnahmegeräten Gleichlaufschwankungen vermieden werden.
Die über Bandablauf gesteuerten Medilog-Recorder wiesen dagegen erhebliche Gleichlaufschwankungen auf (Tab.16/Abb.18).
Ein Vergleich von realer Versuchszeit mit angezeigter Versuchszeit ergab bei

- Gerät a eine Abweichung von 2 %
- Gerät b eine Abweichung von 8 %
- Gerät c eine Abweichung von 4 % .

Daß diese Abweichungen durch die Aufnahmegeräte bedingt sind und nicht durch das Wiedergabegerät verursacht wurden, zeigen die verschiedenen Ergebnisse.

Diese über Bandablauf kontrollierte Art der Aufnahme- und Wiedergabetechnik sollte aus oben genannten Gründen zugunsten der Pilotfrequenzmethode verlassen werden. Eine Aufnahme über Zeitmarkierung ist auch mit Medilog-Recordern durch geringfügige Änderungen möglich.

Betrachtet man bei beiden Aufnahmesystemen die Relation zwischen stattgefundener Versuchszeit pro Versuchsperson und auswertbarer Zeit pro Versuchsperson, so könnte man, ausgehend von den Prozentmittelwerten, annehmen, daß das Oxford Aufnahmesystem wesentlich besser abschneidet als das Hellige-System. Waren doch 83,10 % dieser Aufnahmen im Durchschnitt bei Verwendung der Medilog-Recorder verwendbar, während der entsprechende Wert bei Benützung der Hellige Aufnahmegeräte lediglich 59,5 % betrug.
Ein Vergleich mit Hilfe des F-Test und t-Test läßt jedoch keine signifikanten Unterschiede ausmachen.
In diese Werte geht zusätzlich die Tatsache mit ein, daß während des Versuchsablaufs wiederholt Gerätekontrollen vom Untersucher durchgeführt wurden. Dadurch konnten noch mehrere Störungen behoben und Totalverluste soweit wie möglich vermieden werden.
Gesagtes soll verdeutlichen, daß die Aufnahmegeräte zwar funktionsfähig und brauchbar, jedoch ziemlich störanfällig sind. Geht man davon aus, daß diese Aufnahmegeräte in der Praxis bei ambulanten Herzpatienten eingesetzt werden, wo eine dauernde Kontrolle der Geräte nicht möglich ist, so muß man doch mit ziemlich hohen Ausfallquoten rechnen, was der Effizienz der mit diesen Geräten betriebenen Diagnostik nicht gerade förderlich ist.
Gleichzeitig ist noch zu bedenken, daß die Übertragung der EKG-Signale von der menschlichen Hautoberfläche auf ein Aufnahmegerät das störanfälligste Glied in der Diagnosekette Patient - Aufnahmegerät - Bandkassette - Wiedergabegerät mit Monitor und Schreiber darstellt.

Störungen, die ganz am Anfang dieser Kette auftreten, werden leider, wie weiter unten noch beschrieben, bis zum Ende der Kette weitergeführt und behindern auf diese Weise auch die Arbeit mit den Wiedergabe- bzw. Analysegeräten.

Bezüglich der Wiedergabe- bzw. Analyseeinheit können folgende Aussagen gemacht und inhaltliche Interpretationen getroffen werden:
Vergleicht man die im Experiment gefundenen und auf eine einheitliche Zeit von 240 Minuten umgerechneten Werte der beiden Systeme Hellige und Oxford, so wird man feststellen, daß sich die Häufigkeitsmittelwerte der einzelnen Parameter ganz charakteristisch verhalten.
Die Häufigkeitsmittelwerte der Parameter

- Gesamtzahl der Ereignisse (Tab. 17 A + 18 A)
- davon "richtig" im Sinne der Aufgabe (Tab 18 B)
- R-R-Verkürzung gesamt (Tab 17 B + 19 A)
- davon "richtig" im Sinne der Aufgabe (Tab. 19 B)
- Artefakte gesamt (Tab. 17 C + 25)
- davon "richtig" im Sinne der Aufgabe (Tab. 25)

zeigen beim Vergleich der beiden Hauptgruppen HA mit OA eine hochsignifikant ($p \leq 0{,}01$) andere als die F-Verteilung. Diese Häufigkeitsmittelwerte sind also nicht direkt vergleichbar. Eine Aussage über die Qualität der Analysensysteme läßt sich aus der Verteilung der Größen noch nicht ableiten, weil noch andere, nicht so leicht und konkret faßbare Einflüsse eine Rolle spielen können, z.B. die von den einzelnen Systemen bei der Analyse möglicherweise nicht "gemeldeten" interessierenden Ereignisse. Die gefundenen Werte allein geben darüber keinen Aufschluß, ob Ereignisse "übersehen" worden sind oder nicht. Aus der Tatsache, daß die Häufigkeitswerte nicht nach F verteilt sind, läßt sich nicht auf möglicherweise "nicht erkannte" Ereignisse schließen. Wie schon angeführt (S. 12-13) können die einzelnen Häufigkeitswerte nur auf ihre Richtigkeit hin überprüft werden.

Die Überprüfung der einzelnen Parameter zeigt dabei folgendes:

- Gesamtzahl der angezeigten Ereignisse (Tab. 17A, 18A,B,C)

Die Gesamtzahl der angezeigten Ereignisse und die davon im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten sind, bezogen auf die Hauptgruppen H A und O A nicht nach F verteilt; dasselbe Verhalten zeigen die Untergruppen HAw und OAw. Die Werte der Untergruppen HAm und OAm sind dagegen nach F verteilt, jedoch nicht signifikant verschieden.
Drückt man die Zahl der "richtig" erkannten in Prozentwerten aus, so stellt man fest, daß sowohl in den Hauptgruppen HA und OA als auch in den Untergruppen eine F-Verteilung und somit Vergleichbarkeit vorliegt. Dabei konnten hinsichtlich der gefundenen Werte keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, was den Schluß zuläßt, daß beide Analysesysteme bezüglich der Richtigkeit der angezeigten Ereignisse gleichwertig sind. Es muß jedoch angemerkt werden, daß die Richtigkeit der angezeigten Ereignisse lediglich

- 74,71 % beim Memoport-System Hellige (Gruppe HA)

und - 66,97 % beim Medilog-System Oxford (Gruppe OA)

entsprach.
Die Annahme, daß beide Systeme bezüglich der Richtigkeit der angezeigten Ereignisse gleichwertig sind wird durch fast gleichlautende Befunde der Parameter R-R-Verkürzungen und Artefakte gestützt.

R-R-Verkürzungen (Tab. 17B, 19A,B,C)
Die die Hauptgruppen HA und OA charakterisierenden Werte (Tab. 19A+B) sind wiederum nicht nach F verteilt. Die vier Untergruppen werden jedoch hier von Werten repräsentiert, die nach F verteilt sind. Sie sind nicht signifikant verschieden.
Die in Prozent der "richtig" erkannten R-R-Verkürzungen ausgedrückten Werte sind nach F verteilt. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede.

Die Tatsache, daß auch die Häufigkeitswerte der Untergruppen bei diesem Parameter vergleichbar, jedoch nicht signifikant verschieden sind, spricht eher dafür, daß keine interessierenden Ereignisse (z.B. R-R-Verkürzungen) bei der Analyse "übersehen" worden sind.
Der Parameter R-R-Verkürzungen interessiert aber nicht nur bezüglich der Richtigkeit der angezeigten Ereignisse, sondern auch ganz speziell bezüglich der Genauigkeit, mit der diese Ereignisse angezeigt wurden.
Als Alarmgrenze waren 70 % R-R-Abstand, gemessen am gerade aktuell vorliegenden R-R-Abstand, über Stellelemente eingestellt. Die durch die Untersuchung erhaltenen Werte von 67,91 % für die Gruppe HA und die 68,78 % für die Gruppe OA signalisieren, daß die eingestellten Grenzen "geachtet" wurden (Tab.20).
Ein wesentlich subtileres Bild von der Genauigkeit erhält man jedoch, wenn man jeweils die kleinsten Grenzüberschreitungswerte (Tab. 21 + Abb. 22) und jeweils die größten Grenzüberschreitungswerte mittelt, und dann die Abweichungen feststellt. Dabei trübt sich das vorherige gute Bild etwas:
Es kommen Abweichungen vor von

- 3,17 % bis 13,21 % beim Memoport-System Hellige
- 2,26 % bis 11,84 % beim Medilog-System Oxford .

Die Anzahl der im Sinne der Aufgabe "richtig" erkannten R-R-Verkürzungen beträgt dabei jedoch nur

- 65, 59 % bei Gruppe HA und
- 51, 77 % bei Gruppe OA (Tab. 19).

Alle diese angeführten Werte sind nach F verteilt . Im t-Test ergaben sich keine signifikanten Unterschiede dieser Mittelwerte.
So befriedigend die durchschnittlich gesehene Wahrung der 70 %-Grenze ist, so bedauerlich sind die vorhandenen, teilweise groben Grenzwertüberschreitungen.
(An dieser Stelle soll erwähnt werden, daß die benützten Geräte öfter per Pkw zu Vorführungszwecken befördert wurden. Dadurch entstandene leichte Verstellungen der Feinabstimmung an den Geräten sind denkbar.)

Die Ergebnisse der Auswertung bei festgelegter 80 % R-R-Abstandsgrenze verfestigten das bisher gewonnene Bild:
Die Häufigkeitszahlen der für die Richtigkeit herangezogenen Parameter (Tab. 29) sind nicht nach F verteilt und somit nicht direkt vergleichbar.
Wie in vorangegangenen Fällen lassen sich jedoch die alle nach F verteilten Prozentmittelwerte vergleichen. Sie weisen keine signifikanten Unterschiede auf.
Etwas höher und somit etwas besser als die analogen Werte (aus Tab. 18 C) sind die beim Durchlauf II gewonnenen :
- Gruppe HA 93,24 % - Gruppe OA 88,04 %
Die Genauigkeit der angezeigten Ereignisse dokumentiert Tab. 30. Der dabei gefundene signifikante Unterschied der beiden Mittelwerte ist nicht relevant, da beide Mittelwerte die 80 %-Grenze deutlich unterschreiten und das eingestellte Kriterium erfüllen.
Die Aufsummierung der größten Überschreitungen der 80 %-Grenze ergab nach F verteilte, nicht signifikant verschiedene Mittelwerte von

- 85,18 % für Gruppe HA = 6,47 % Abweichung
- 84,32 % für Gruppe OA = 5,48 % Abweichung.

Die hier gefundenen Abweichungen betragen nur noch etwa die Hälfte der in Tab. 21 aufgeführten Werte. Denkbare Gründe: die 80 %-Grenze stellt kein derart scharfes Diskriminans dar wie die 70 %-Grenze. Die Anzahl der in die 80 %-Grenze einfallenden Ereignisse ist größer.
Die Wahrscheinlichkeit, daß ein beliebiges Ereignis "richtigerweise" in die 80 %-Grenze fällt ist größer als die, daß ein solches Ereignis in die 70 %-Grenze fällt.

Die bis hierher aufgeführten Ergebnisse lassen es meines Erachtens nicht zu, eines der beiden Gerätesysteme als eindeutig besser zu qualifizieren.

- Artefakte (Tab. 17C + 25)

Artefakte sind, wie oben schon angeführt, ein Zeichen für die Störanfälligkeit eines Systems. Sie werden hervorgerufen durch irgendwelche Imponderabilien zu Beginn der o.a. Übertragungskette und erschweren und verzögern letztlich die automatische, zeitgeraffte Analyse.
Die gefundenen Werte der Gesamtzahl der Artefakte sind nicht nach F verteilt und somit nicht vergleichbar.
Drückt man aber die Zahl der aufgetretenen Artefakte als Prozentsatz der Gesamtzahl der Ereignisse aus, so ergibt sich folgendes Bild:
Anteil der Artefakte an der Gesamtzahl der Ereignisse bei

- Gruppe HA	31,11%	- Gruppe OA	24,40%
- Gruppe HAw	63,41%	- Gruppe OAw	36,83%
- Gruppe HAm	14,44%	- Gruppe OAm	16,37%

Diese maßgeblichen Größen sind nach F verteilt, jedoch nicht signifikant verschieden.
Es fällt dennoch auf, daß die Werte der Männergruppen HAm und OAm sichtbar niedriger sind als die der Frauengruppen HAw und OAw. Die entsprechenden Mittelwerte:

- Männergruppen HAm+OAm	- Frauengruppen HAw+OAw
15,41%	50,12%

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % sind die Werte nicht, bei einer solchen von 1 % dagegen nach F verteilt. (Im t-Test bestanden keine signifikanten Unterschiede.)
Eine gewisse Tendenz dafür, daß das System bei weiblichen Versuchspersonen bzw. Patientinnen störanfälliger ist, glaube ich trotzdem erkennen zu können. Anzuschuldigen dafür wäre eventuell der mit der Elektrodenlokalisation zusammenfallende Ansatz der Mammae, was bei Atemexkursionen des Thorax doch zu ganz minimalen Elektrodenabhebungen führen könnte.
Eine weitere Ursache für eine Störung kann auch der Amplitudenverlust einer R-Zacke sein:
Beim Memoport-System Hellige wurde dann fälschlicherweise eine R-R-Verlängerung signalisiert, wenn die relative Höhe

des R kleiner als 33 % der R-Amplitudenhöhe war. Das relativ zu niedrige R wurde dann nicht "getriggert".
Beim Medilog-System Oxford wurde eine R-Zacke dann nicht getriggert, wenn ihre Höhe weniger als 28 % der normalen R-Zackenamplitude betrug.
Bei der Bewertung der Störanfälligkeit der beiden Systeme läßt sich anhand der gefundenen Ergebnisse keine gesicherte Aussage zugunsten des einen oder des anderen Systems machen. (siehe auch Abb. 23)

- Zeitaufwand beim Auswerten

Ein Kriterium zur Beschreibung der Brauchbarkeit der Systeme ist der Zeitaufwand, den man bei der Auswertung, sei es nun am Analysengerät oder danach von Hand, betreiben muß. Wie schon auf Seite 65 erwähnt, wäre eine Anwesenheit des Untersuchers am Sichtmonitor und Analysengerät des Hellige Memoport-Systems nicht erforderlich gewesen. Dagegen ist die Anwesenheit des Untersuchers zwingend erforderlich bei der Arbeit am Analysengerät des Medilog-System Oxford, weil der Schreibvorgang durch Betätigung eines Druckschalters gestartet werden muß. Zur Fortsetzung des Analysenvorgangs ist die Betätigung eines weiteren Druckschalters nötig.
Die pro Ereignis nötige Auswertezeit betrug beim
- Memoport-System 4,86 Min. - Medilog-System 4,01 Min.
Hier muß meiner Ansicht nach dem Memoport-System ein Vorzug eingeräumt werden: Trotz der längeren Schreibphase (30 sec. statt 10 sec.) und trotz einer nicht vorhandenen, aber aus Gründen der Vergleichbarkeit angenommenen Anwesenheitspflicht des Untersuchers, liegt der Wert beim Hellige Memoport-System nicht signifikant höher als beim Medilog-System.
Dafür ist beim Medilog-System die Möglichkeit gegeben, auf Kosten von Zeit Papier einzusparen: Das stopauslösende Ereignis erscheint stationär auf einem vierzeiligen Monitor. Jede Zeile repräsentiert 10 sec. Echtzeit. Der Untersucher kann entscheiden, ob er das Ereignis, und welches Zeitinter-

vall er ausschreiben lassen will. Ein kleiner Vorteil dieses Systems.

(Bei beiden Systemen besteht noch die Möglichkeit, die automatische Alarmierung auszuschalten und den zeitgerafften Analysenvorgang von Hand zu stoppen. Das durch Triggerung mehrerer QRS-Komplexe quasistationäre Bild auf dem Leuchtschirm läßt aber meiner Ansicht nach eine so betriebene Auswertung nicht zu, weil die zeitgerafften, übereinanderprojizierten QRS-Komplexe einfach nicht mehr zu trennen sind.)

Das berichtete Fehlverhalten des Schreiberschalters (S.65/66) soll hier nicht weiter erörtert werden. Wahrscheinliche Ursache: Ein "Ermüdungsdefekt" am Schalterelement selbst.

Kurze Diskussion der kardiologischen Befunde:

Die in Tab. 30 dokumentierten Frequenzwerte sind Ausdruck normalen Herzverhaltens während vierstündiger geringfügiger körperlicher Belastung. Die dabei vorkommenden "Frequenzsprünge" sind als Ruhearrhythmie beschrieben (43, 19, 16).
Die Frequenzwerte und ihre Standardabweichungen stehen mit Resultaten in Einklang, die bei 100 gesunden Männern während 24-stündiger normaler Betätigung gewonnen worden sind (16).
Wie aus Abb. 26, wo die Frequenzwerte in steigender Reihenfolge aufgetragen sind, ersichtlich, liegen die durchschnittlichen Frequenzwerte der Gruppe HA höher als die der Gruppe OA. Die als waagerechte gestrichelte bzw. gepunktete Linie eingezeichneten Mittelwerte aller manuell gewonnenen Pulsmessungen scheinen dazu im Widerspruch zu stehen.
Ein weiterer Parameter deckt aber die bei der Auswertung gefundenen Ergebnisse: die Anzahl der R-R-Verlängerungen. Sie liegt bei der Gruppe OA und den Untergruppen OAw und OAm deutlich über den Werten der HA Gruppen.

Auch bei den gefundenen Extrasystolen liegen die Zahlen der OA Gruppen deutlich über denen der HA Gruppen. Klammert man die Versuchsperson 04 von den Überlegungen aus, so decken sich die hier gefundenen Ergebnisse mit in der Literatur beschriebenen: Fast jeder dritte Mensch hat ventrikuläre Extrasystolen, meist weniger als 10 Extrasystolen pro 24 Stunden. Supraventrikuläre scheinen etwas seltener zu sein (46).
Die auf Seite 36 erwähnten Toilettengänge konnten als Ereignisse wiederentdeckt und zeitlich zugeordnet werden. Sie manifestierten sich als Frequenzanstiege, die alle durch die 70 % Einstellung entdeckt wurden.

Versuchsperson 0 4 R.K. (22-jähriger Mann)

Anamnese:
R.K. hatte als Kind bis zum 6. Lebensjahr wiederholt eitrige Tonsillitiden. Mit 6 Jahren TE.
(Andere Infektionskrankheiten, insbesondere Scharlach und auch rheumatisches Fieber wurden nicht durchgemacht.)Sog. "grippale Infekte" wurden angegeben. Über früher durchgemachte Herz-Kreislauferkrankungen war R.K. nichts bekannt. R.K. treibt regelmäßig Sport und ist Nichtraucher. Er fühlt sich zum Zeitpunkt der Untersuchung gesund. Er ist vollkommen beschwerdefrei.
Befunde:
Bei einer Körpergröße von 184 cm wiegt R.K. 68 kg, was bei Berücksichtigung von Alter und Geschlecht 89,4 % des stat. Durchschnittsgewichts entspricht.
EKG:
Frequenz 90/min; P 0,10 sec; PQ 0, 14 sec; QRS 0,12 sec; QT 0, 36 sec; Sinusrhythmus; Lagetyp 60^{o} .
In V_1 - V_2 liegt eine Aufspaltung von R in R R' vor: Rechtsschenkelblock.
Das Langzeit-EKG dokumentierte 70 ventrikuläre Extrasystolen und eine Unterschreitung der Frequenz von 40/min.

Zu diskutieren ist im Fall des R.K., ob die gefundenen, aus dem Rahmen fallenden Befunde als Pathologika anzusehen sind, oder ob sie noch als physiologisch zu gelten haben: Die im Standard-EKG aufgefundene QRS-Verbreiterung und die R-R'-Zacken in V_1 - V_2 deuten auf einen inkompletten Rechtsschenkelblock hin, der als physiologisch angesehen werden kann.
Die in vierstündiger Ableitezeit aufgetretenen 70 ventrikulären Extrasystolen müssen in diesem Zusammenhang nicht als pathologisch angesehen werden:

- sie traten einzeln, nicht in Salven auf.
- mehr als sechs Kammerextrasystolen in der Minute sind pathologisch (10). Dieser Befund konnte nicht erhoben werden.

Das schon auf S. 3 beschriebene Plus an Information (25) konnte auch in diesem Fall erhalten werden. Zu den im Standard-EKG erhobenen Befunden konnte zusätzlich Information durch Anwendung des Langzeit-EKG gewonnen werden. Durch den Einsatz Langzeit-EKG aufzeichnender und verarbeitender Diagnosegeräte konnte unter 42 Versuchspersonen eine mit von der Norm abweichenden Befunden "herausgefischt" werden.
Der Einsatz dieser Diagnosegeräte im Sinne eines "Massenscreening", vergleichbar mit dem Glucoteststreifen (Grobbestimmung der Glukosekonzentration im Urin zur Feststellung eines unbekannten Diabetes) oder mit dem GUTHRIE-Test (Nachweis einer erhöhten Phenylalaninkonzentration im Blut von Neugeborenen), scheitert wohl an volkswirtschaftlichen Erwägungen.
Der gezielte Einsatz dieser Diagnosesysteme unter Berücksichtigung der in der Literaturübersicht angeführten Indikationen ist sehr sinnvoll und ergänzt und vervollständigt, wie gezeigt, die erhobenen Befunde.
Die bei R.K. gefundenen Abweichungen im Standard-EKG waren eine der möglichen Indikationen zum Einsatz der Langzeit-EKG-Methode.

6. Zusammenfassung

Das Memoport-System Hellige und das Medilog-System Oxford, zwei Systeme zur Aufzeichnung und automatischen Aufarbeitung von Langzeit-EKG-Aufnahmen, wurden unter nahezu identischen Bedingungen praxisnah erprobt und die gefundenen Ergebnisse miteinander verglichen.

Dazu wurde mit den systemspezifischen Bandspeichergeräten bei 42 freiwilligen Versuchspersonen im Alter von 21 bis 28 Jahren, aufgeteilt in zwei gleich große Versuchsgruppen, ein vierstündiges Langzeit-EKG abgeleitet und auf handelsüblichen C 60 Kompaktkassetten aufgezeichnet.

Die Langzeit-EKG-Aufnahmen wurden mit Hilfe der jeweiligen Wiedergabe- bzw. Analyseneinheit automatisch und unter Zeitraffung aufgearbeitet, wobei dieser Aufarbeitung eine wohldefinierte Aufgabenstellung zugrunde lag.

Die von der Wiedergabe- bzw. Analyseneinheit gefundenen Ergebnisse wurden auf ihre Richtigkeit und Genauigkeit überprüft.

Beide Systeme waren hinsichtlich der Lösung der ihnen gestellten Aufgaben gleich brauchbar.

Die etwas größere Störanfälligkeit machten die Memoport-Bandspeichergeräte durch ihre Präzision im Bandgleichlauf wieder wett. Der geringeren Störanfälligkeit der Medilog-recorder standen beträchtliche Gleichlaufschwankungen gegenüber.

Bei der Auswertung der durch elektrische Artefakte bedingten Störungen konnte keine Aussage zugunsten des einen oder des anderen Systems abgeleitet werden.

Auch bei der Überprüfung der Richtigkeit und der Genauigkeit konnten keine gesicherten Unterschiede zwischen den konkurrierenden Systemen festgestellt werden.

Die bei der Untersuchung angefallenen EKG- und Langzeit-EKG-Befunde wurden kurz genannt und diskutiert. Auf eine streng indikationsgebundene Anwendung der beiden Diagnosesysteme wurde hingewiesen.

7. Literaturnachweis

1. ABARQUEZ,R.F.,FREIMAN,A.H. REICHEL,F.,LA DUE,J.S. The precordial electrocardiogram during exercise. Circulation 22, 1060-1068 (1960)

2. ARANAGA,C.E., MOWER,M.M. STAEWEN,W.S., TABATZNIK,B. Eight hour electrocardiogram: Technique and clinical application. Brit.Heart.J. 29, 345-351 (1967)

3. BASSAN,L. Telemetrische Erfassung der Herzkreislauffunktion während der Arbeitsbelastung. Z.ges.Hyg. 12, 477-489 (1966)

4. BAUEREISEN,E. in Keidel: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. S. 85 3. Aufl. Stuttgart, Thieme (1973)

5. BERKSON,D.M., STAMLER,J. SOYUGENC,R., SMOOT,E. The electrocardioanalyzer. Israel.J.Med.Sci.5/4, 687-690 (1969)

6. BOTER,J., DEN HERTOG,A. KUIPER,J. Disturbance-free electrodes for persons during exercise. Med.biol.Engineering 4,91-95 (1966)

7. BREITHARDT,G.,GLEICHMANN, U., LOOGEN,F., SEIPEL,L. Erfahrungen mit der automatischen Erfassung von Extrasystolen durch Hybridcomputer auf der Intensivstation.Z.f. Kardiol.62/6, 526-534 (1973)

8. CASHMAN,P.M.M., STOTT,F. A semiautomatic system for the analysis of 24 hour recordings from ambulant subjects. Bio.med.Engineering 9/2, 54-57 (1974)

9. CROOK,B.R.H., CASHMAN,P.M. STOTT,F.D., RAFFERY,E.B. Tape monitoring of electrocardiogram in ambulant patients with sinoatrial desease. Brit.Heart.J. 35, 1009-1013 (1973)

10. DUBIN,D.B. Schnellinterpretation des EKG Ein programmierter Kurs.S.81 Berlin-Heidelberg-New-York, Springer, 1975

11. FREIMAN,A.H., TOLLES,W., CARBERY,W.J., RUEGSEGGER, P., ABARQUEZ,R.F., LA DUE, J.S. The electrocardiogram during exercise. Amer.J.Cardiol. 5, 506-515 (1960)

12. FREYLAND,M.D., WELTE,D. RÖHRIG,F.R., HILGER,H.H. Bedeutung von EKG-Bandspeicheraufzeichnung und Trendanalyse für die Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen. Med.Welt 26,1316-1318 (1975)

13. FROST,H., MALINOWSKI,H. RUTENFRANZ,J. Kontinuierliche radiotelemetrische Registrierung der Brustwandableitungen nach Wilson im Langzeit-EKG am Arbeitsplatz bei Radarlotsen. Int.Arch.Arbeitsmed. 30/1, 49-64 (1972)

14. GEIGY Wissenschaftliche Tabellen. S.701, 7.Auflage 1969.

15. GILSON,J.S., GIFFING, R.B. — Continuous electrocardiograms, electrodes and lead systems. Amer.J.Cardiol. 8, 212-215 (1961)

16. GLAGOV,S., ROWLEY,D.A. CRAMER,D.B., PAGE,R.G. — Heart rates during 24 hours of usual activity for 100 normal men. J.appl.Physiol. 29, 799-805 (1970)

17. GOLDBERG,A.D., RAFFERY, E.B., CASHMAN,P.M.M. — Ambulatory electrocardiographic records in patients with transient cerebral attacks or palpitation. Brit.Medical.J. 6, 569-571, (1975)

18. HELLIGE — Memoport-System. Bedienung Freiburg,Hellige GmbH, (1975)

18a HELLIGE — Verkaufsprospekt

19. HINKLE,L.E.jr., MEYER,J. STEVENS,M., CARVER,S.T. — Tape recording of the ECG of active men. Limitations and advantages of the Holter-Avionics instruments. Circulation 36, 752-765 (1967)

20. IVES,J.R., WOODS — 4-Channel 24 hour cassette recorder for longterm EEG monitoring of ambulatory patients. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 39, 88-92 (1975)

21. LAURIG,W., PHILLIP,U. — Veränderungen der Pulsfrequenzarrhythmie in Abhängigkeit von der Arbeitsschwere. ASA 5/7, 184-188 (1970)

22. LEWES,D. Multipoint electrocardiography without skin preparation. World Medical Electronics 4, 240-245 (1966)

23. LITTLER,W.A., HONOUR,A.J. SLEIGHT,P., STOTT,F.D. Continuous recording of direct arterial presure and electrocardiogram in unrestricted men. Brit.Medical J. 3, 76-78 (1972)

24. MATZDORFF,F. Das Belastungs-EKG und das Langzeit-EKG. Münch.Med.Wschr. 111/1, 1288-1293 (1969)

25. MATZDORFF,F.,SCHMIDT,F. Fortlaufende EKG-Registrierung über mehrere Stunden. Med. Klin. 61, 825-829 (1966)

26. MOULOPOULOS,S.D. STAMATELOPOULOS,S. A "quantitative" study of paroxismal tachicardia using the arrhythmograph. J.Electrocardiol. 2, 261-267 (1969)

27. OLSSON,L.G., REDFORS,A. A simple system for displaying ECG and heart rate, recorded by portable tape recorders. Scand.J.Clin.Lab.Invest. 30/2, 159-162 (1972)

28. OXFORD Medilog Miniature Analogue Tape Recorder. System Operating Instructions. The Oxford Instruments Company ld. Oxford, England (Hanau / Main)

28a Oxford Verkaufsprospekt.

29. PERRENOUD,J.J., FILIAS,N. JORNOD,J. Applications cliniques du système d'enregistrement électrocardiographique continu. Schweiz.med.Wschr. 104/44, 1586-1587 (1974)

30. ROSENKRANZ,K.A., UHLENBRUCH,K., GRUSS,B. Elektrokardiographische Langzeitbeobachtungen während der beruflichen Tätigkeit. ASA 2, 59-62 (1969)

31. ROSENKRANZ,K.A., DREWS,A. Über eine modifizierte Ableitungsmethode zur Registrierung von EKG während dosierter körperlicher Belastung. Z.Kreisl.Forsch. 53, 615-618 (1964)

32. SATO,C., HIRANO,M. SAKAMOTO,T. Portable electrophonocardiograph using magnetic tape recorder equipped with patients voice print. Jap.Heart J. 13/6, 478-487 (1972)

33. SCHÄCKE,G. Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm in der Arbeitsmedizin. Radiotelemetrische Untersuchungen. Arbeit und Gesundheit. Neue Folge Heft 90. Stuttgart, Thieme, 1976.

34. SCHÄCKE,G. Mehrstündig-kontinuierliche EKG-Aufnahmen in der Arbeitsmedizin. Münch.med.Wschr. 114, 555-559 (1972)

35. SCHÄCKE,G., WOITOWITZ,H.J. RIETSCHEL,E., HAVLA,R. Radiotelemetrische Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und EKG bei Führungskräften der Industrie. Int. Arch.Arbeitsmed. 29, 142-158 (1972)

36. SCHÄCKE,G., WOITOWITZ,H.J. WOITOWITZ,R. Moderne Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und EKG am Arbeitsplatz. ASA 5/7, 171-175 (1970)

37. SCHRÖDER,P. Klinische Erfahrungen mit Herzüberwachungs- und Therapiegeräten. Anästhesist 22/5, 207-211 (1973)

38. SEIPEL,L. WILKE,K.H. LOOGEN,F. Klinische Erfahrungen mit dem Langzeitelektrokardiogramm. Z.f.Kreisl.Forsch. 58, 1250-1259 (1969)

39. VALIMAKI,I. Tape recordings of the electrocardiogram in newborn infants. Section I. Developement of methodology. Acta paed.scand. Suppl. 199, 15-30 (1969)

40. VOGEL,P.A. Zur Technik der EKG-Telemetrie unter schwierigen Bedingungen. Elektromedizin 14/2, 64-70 (1969)

41. WAGNER,R.L. A lightweight two track tape recorder suitable for correlative monitoring of the electrocardiogram. IEEE Trans.Biomed.Engin.18/2, 159 (1971)

42. WILDE,A., HAGER,W. Erfahrungen mit einem tragbaren Bandspeicher-EKG-Gerät in der klinischen Kardiologie. Med.Welt 26, 810-816 (1975)

43. WOITOWITZ,H.J., OBERSTEINER,A., KINDERMANN,G., WOITOWITZ,R. Radiotelemetrische Untersuchungen von Herzschlagfrequenz, EKG, und Hauttemperatur bei operativ tätigen Gynäkologen. ASA 7/6, 168-173 (1972)

44. WOITOWITZ,H.J., SCHÄCKE, G., WOITOWITZ,R. Zur Erfassung psycho-vegetaver Belastungen am Arbeitsplatz mit Hilfe der Radiotelemetrie. ASA 6, 259-262 (1971)

45. WOITOWITZ,H.J., SCHÄCKE, G., WOITOWITZ,R., EICHINGER,H. Die Untersuchung von Herz - schlagfrequenz und EKG während der Arbeitsschicht mit Hilfe von Radiotelemetrie oder Magnetbandspeicherung. Ärztl.Forsch. 24, 46-58 (1970)

46. ZAPFE,H. Langzeitelektrokardiographie. Klin.Wschr. 47, 233-237 (1969)

Herrn Professor Dr. H. Weichardt danke ich für die Überlassung des Themas.
Besonderen Dank schulde ich Herrn Dr. H. Konietzko für die allzeit freundliche und fachkundige Beratung bei der Erstellung der Arbeit.
Mein Dank gilt auch den Mitarbeitern des Instituts für ihre freundliche und aufgeschlossene Unterstüzung.

Lebenslauf

Am

30.09.1950 wurde ich, Hans-Jürgen Michael Leitl, als erstes von fünf Kindern der Eheleute Max Leitl und seiner Frau Scholastika, geb. Schreiber, in Kolbingen, Kreis Tuttlingen, geboren.

1958 -1962 Grundschule in Tuttlingen.

1962 -1970 Gymnasium Tuttlingen.

16.06.1970 Reifeprüfung am Gymnasium Tuttlingen.

01.07.1970 bis 30.06.1972 Ableistung eines zweijährigen Wehrdienstes, davon 15 Monate im Sanitätsdienst mit Ausbildung zum Krankenpflegehelfer. Während dieser Zeit siebenwöchiges Krankenhauspraktikum am Kreiskrankenhaus in Tuttlingen.

10.04.1972 Beginn des Medizinstudiums an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen.

21.07.1972 Eheschließung mit Hildegard Christine, geb.Pahl.

05.04.1973 Naturwissenschaftliche Vorprüfung (Vorphysikum) in Tübingen. (gut)

07.09.1974 Ärztliche Vorprüfung (Physikum) in Tübingen (gut).

29.08.1975 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung nach AOÄ in Reutlingen (bestanden).

01.09.1975 - 26.09.1975 Vierwöchige Famulatur beim staatlichen Gesundheitsamt in Balingen.

16.02.1976 - 31.03.1976 Sechswöchige Famulatur bei Dr.med. H.Horrig, Facharzt für Chirurgie, Hechingen.

06-12 1976 Erstellen der Dissertationsarbeit

26.08.1977 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung nach AOÄ in Reutlingen (bestanden).

01.10.1977 Beginn des "Praktischen Jahres" nach AOÄ:
Vom 01.10.77 bis 31.01.78 Medizinische Klinik der Universität Tübingen.
Vom 01.02.78 bis 31.05.78 Chirurgische Universitätsklinik Tübingen.
Vom 01.06.78 bis 30.09.78 Universitäts-Kinderklinik Tübingen.

18.10.1978 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung (Staatsexamen)